

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Juli 2002 (11.07.2002)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/053020 A2

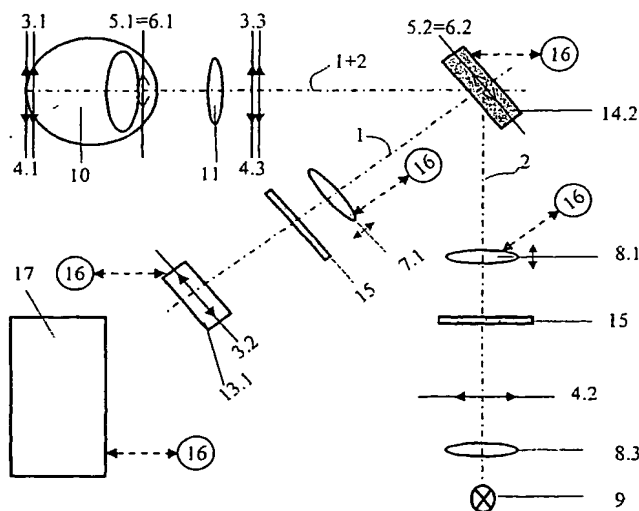
PCT

- | | | | |
|--|-----------------------------|---|---|
| (51) Internationale Patentklassifikation⁷: | A61B 3/00 | (81) Bestimmungsstaaten (<i>national</i>): | AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW. |
| (21) Internationales Aktenzeichen: | PCT/DE02/00015 | | |
| (22) Internationales Anmeldedatum: | 3. Januar 2002 (03.01.2002) | | |
| (25) Einreichungssprache: | Deutsch | | |
| (26) Veröffentlichungssprache: | Deutsch | | |
| (30) Angaben zur Priorität: | 101 00 032.4 | 3. Januar 2001 (03.01.2001) | DE |
| (71) Anmelder und | | | (84) Bestimmungsstaaten (<i>regional</i>): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). |
| (72) Erfinder: VILSER, Walthard [DE/DE]; Klinghammer-strasse 9a, 07407 Rudolstadt (DE). | | | |
| (74) Anwälte: SCHALLER, Renate usw.; Oehmke & Kollegen, Neugasse 13, 07743 Jena (DE). | | | |

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR IMAGING, STIMULATION, MEASUREMENT AND THERAPY, IN PARTICULAR FOR THE EYE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR BILDGEBUNG, STIMULIERUNG, MESSUNG UND THERAPIE INSBESONDERE AM AUGE



(S7) Abstract: The invention relates to devices, the system parameters and mode of operation of which can be adjusted for the various applications of imaging, examining, stimulation, measurement and treatment for the eye (10) for various examination and treatment tasks, essentially without construction-related input, by means of the control of beam manipulation units - EMS (14), which may be controlled independently of each other, element by element, arranged in discrete levels of the optical arrangement in the device. The invention further relates to a method for operating such devices.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/053020 A2

**Veröffentlicht:**

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Vorrichtungen, deren Systemparameter und Funktionsweise im wesentlichen ohne fertigungstechnische Eingriffe durch die Ansteuerung von elementweise voneinander unabhängig ansteuerbaren Strahlmanipulationseinheiten EMS 14, die in ausgezeichneten Ebenen der optischen Anordnung der Vorrichtung stehen, insbesondere auf die verschiedensten Anwendungen der Bildgebung, Prüfung, Stimulierung, Messung und Behandlung am Auge 10 zur Lösung unterschiedlichster Untersuchungs- oder Behandlungsaufgaben angepasst werden können und Verfahren zum Betreiben derartiger Vorrichtungen.

Vorrichtung und Verfahren zur Bildgebung, Stimulierung, Messung und Therapie insbesondere am Auge.

Die Erfindung betrifft Vorrichtungen und Verfahren zur Untersuchung und
5 Behandlung des Auges für die Augenheilkunde und für die Optometrie und kann weiterhin in der Medizin für die Untersuchung und Behandlung von Gewebe sowie für bildgebende messende, prüfende und materialbearbeitende Geräte in der Industrie eingesetzt werden.

Derzeit werden verschiedene Systeme für die Bildgebung (z.B.
10 Netzhautkameras mit fotografischer und elektronischer Bilderfassung, Laserscanner, Fotospaltleuchten), für Prüfzwecke (z. B. Perimetriesysteme, Elektrophysiologische Systeme, Mikroperimetrie, Visus- Prüfsysteme u.a. Phoropter), für die Vermessung, (z.B. HRT, Flowmeter, GDX, Refraktometer, RVA) und zur Therapie am Auge (Laserkoagulatoren, PDT- Systeme u.a.)
15 eingesetzt.

Der Nachteil aller Systeme besteht in der prinzipbedingten vorgegebenen optisch- konstruktiv starren Lösung, die die Systeme für ihren Anwendungszweck fertigungsseitig bereits festlegen und nur einen geringen Spielraum für die Einstellung der Anwendungseigenschaften (z.B.
20 messtechnische Eigenschaften oder abbildende Eigenschaften) belassen.

Daraus ergibt sich, dass es für verschiedene Aufgaben der Untersuchung und Behandlung am Auge unterschiedlicher Mess- und Therapiesysteme mit entsprechend hohem Investaufwand und Platzbedarf bedarf und eine flexible Anpassung an variable Anwendungsforderungen und insbesondere an die
25 individuellen Besonderheiten des Auges nicht möglich ist.

Insbesondere für Messsysteme am Auge ist die Anpassung an individuelle Besonderheiten jedes Auges häufig eine wesentliche Voraussetzung für die Beseitigung oder Einschränkung von Fehlerquellen bzw. sogar die Voraussetzung für auswertbare Ergebnisse.

Für messtechnische und prüfende Zwecke am Auge wurden neue Systeme durch Zusatzmodule oder Modifikationen bekannter konventioneller Technik (z. B. durch Zusatzmodule für die Netzhautkamera) entwickelt. Die damit verbundenen Kompromisse bezüglich der optisch- konstruktiven und elektronischen Lösungen führen dazu, dass die neuen Systeme nicht optimal für die Aufgaben zugeschnitten sind und häufig unnötig hohe Kosten verursachen, eine eingeschränkte Praktikabilität und vor allem sehr beschränkte Anwendungseigenschaften besitzen.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zu schaffen, deren Systemparameter und Funktionsweise im Wesentlichen ohne fertigungstechnische Eingriffe vom Anwender auf die verschiedensten Anwendungen der Bildgebung, Prüfung, Stimulierung, Messung und Behandlung am Auge zur Lösung unterschiedlichster Untersuchungs- oder Behandlungsaufgaben angepasst werden kann.

Darüber hinaus sollen die Systemparameter der Vorrichtung optimal auf die individuellen Besonderheiten des jeweils zu untersuchenden und/oder zu behandelnden Auges einstellbar sein.

Es ist auch Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zu schaffen, deren Systemparameter und deren Funktionsweise zeitlich und räumlich differenziert einstellbar und veränderbar sind, um verschiedene Untersuchungen und Behandlungen gleichzeitig durchführen zu können.

Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, Verfahren zum Betreiben einer erfindungsgemäßen Vorrichtung vorzuschlagen, die zu verbesserten Untersuchungs- und Behandlungsergebnissen führen.

Die Aufgabe der Erfindung wird für eine Vorrichtung gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 bis 5 im Wesentlichen dadurch gelöst, dass in ausgezeichneten Ebenen in der optischen Anordnung der Vorrichtung elementweise voneinander unabhängig ansteuerbare Strahlmanipulationseinheiten - EMS angeordnet sind, die jeweils über eine

Schnittstelle mit einem Informationstechnischen System ITS verbunden sind, welches die einzelnen Elemente der EMS ansteuert, um die Eigenschaften der Strahlung so zu manipulieren, dass unterschiedliche Strahlengänge zeitlich und örtlich programmtechnisch erzeugt werden können.

- 5 Die Unteransprüche zeigen vorteilhafte Ausführungen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung auf, die sich insbesondere in ihrer funktionellen Adaptivität unterscheiden.

- 10 Für ein Verfahren zum Betreiben einer erfindungsgemäßen Vorrichtung wird die Aufgabe der Erfindung bereits dadurch gelöst, dass durch zeitliche und örtliche Ansteuerung der Elemente der EMS Elementarstrahlenbündel gebildet werden.

- Den Elementarstrahlenbündeln können gleichzeitig oder nacheinander unterschiedliche funktionsbestimmende Eigenschaften zugewiesen werden, so dass die Elementarstrahlenbündel einzeln oder gruppenweise einer Vielzahl verschiedener programmtechnisch erzeugbarer Strahlengänge mit unterschiedlichen Funktionen für unterschiedliche bildgebende, messende, prüfende, stimulierende oder therapeutische Verfahren gleichzeitig und/oder nacheinander realisiert zugeordnet werden können.

- 20 Die Gesamteigenschaften einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, erfindungsgemäß betrieben, werden im Wesentlichen durch die erzeugten Elementarstrahlenbündel gebildet, deren Eigenschaften individuell bezüglich möglicher Parameter des Lichtes (wie z.B. Aperturgeometrie, Feldgeometrie, Wellenlänge, Intensität, Polarisationsrichtung und -grad) ihrer Lage der Durchstoßpunkte durch die ausgezeichneten Ebenen der optischen Anordnung der Vorrichtung, und in ihrer zeitlichen Abfolge zueinander (nacheinander oder parallel) programmierbar sind. Mit einer einzigen Vorrichtung kann durch Programmierung eine Vielzahl von Funktionen verschiedener konventioneller ophthalmologischer Gerätesysteme realisiert werden, d.h. Untersuchungen, 30 die konventionell mit verschiedenen Systemen durchgeführt werden, können

gleichzeitig oder unmittelbar nacheinander mit einmaliger Positionierung des Patienten vor dem Gerät realisiert werden..

5 Durch die Möglichkeit der individuellen Zuordnung von Eigenschaften zu den Elementarstrahlenbündeln über die Ansteuerung der EMS und anderer ansteuerbarer Einheiten der Vorrichtung können beliebige Strahlengänge erzeugt werden, wodurch die Vorrichtung mit hoher funktioneller Adaptivität an die unterschiedlichsten Untersuchungs- und Behandlungsziele und mit hoher individueller Adaptivität an das zu untersuchende Objekt, insbesondere das Auge des Patienten und die Bedürfnisse des Untersuchenden angepasst werden kann. Durch Programmierung verschiedener Kombinationen unterschiedlicher Strahlengänge und deren Zeitabläufe kann man Funktionstests und verschiedenen Untersuchungen parallel durchführen und beseitigt damit Untersuchungsfehler, die durch zeitliche Differenzen zwischen den Untersuchungen (veränderte Randbedingungen zwischen zwei 15 Untersuchungen) hervorgerufen werden.

Durch die Möglichkeit, Untersuchungen und Stimulierung (Provokationen) zu kombinieren, werden neue Möglichkeiten für die Funktionsdiagnostik eröffnet. Die Steuerbarkeit der Strahlengänge ermöglicht es, zeitlich, örtlich und spektral unterschiedliche Volumeneinheiten oder Flächen im Auge zu 20 untersuchen und zudem die Lichtbelastung zu minimieren.

Ein wesentlicher Vertriebsvorteil ergibt sich, da man lediglich eine Vorrichtung körperlich verkauft und die gewünschten Anwendungen vor Ort softwareseitig in beliebigen Zeitabständen und Kombinationen freischalten oder sperren kann.

25 Ein weiterer Vorteil besteht in der möglichen Kostensenkung, da ein universielles System gefertigt wird.

Die Erfindung ermöglicht zudem die Entwicklung neuer Anwendungen mit einem Grundsystem (Vorrichtung), wobei die Nachrüstung bzw. Erweiterung oder Einschränkung des Funktionsumfanges vor Ort beim Kunden nicht im 30 Wechsel der Hardware, sondern nur durch andere Software erfolgt und bei vorhandenem Grundsystem der Vertrieb von Funktionsumfang, der früher mit

Hardwarevertrieb verbunden war, nunmehr ausschließlich softwaremäßig über das Internet zeitlich begrenzt für einzelne Untersuchungen und Funktionen oder zeitlich unbegrenzt sehr kostengünstig ermöglicht wird.

Die Erfindung stellt einen Übergang von der Fertigung vieler Gerätesysteme zur Fertigung nur noch eines Gerätesystems dar, dessen Anwendungseigenschaften nicht mehr fertigungstechnisch sondern nur noch programmtechnisch festgelegt werden.

Die Erfindung soll nachfolgend an mehreren Ausführungsbeispielen an Hand von Zeichnungen näher erläutert werden. Hierzu zeigt:

- Fig.1a optische Anordnung für ein erstes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung
- Fig. 1b schematische Darstellung einer ITS
- 15 Fig. 1c Strahlenbündel zum ersten Ausführungsbeispiel
- Fig. 2 optische Anordnung für ein zweites Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung
- Fig. 3 optische Anordnung für ein drittes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung
- 20 Fig. 4 optische Anordnung für ein viertes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung
- Fig. 5 optische Anordnung für ein fünftes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung
- Fig. 6 optische Anordnung für ein sechstes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung
- 25 Fig. 7 optische Anordnung für ein siebentes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung
- Fig. 8a optische Anordnung für ein achttes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung
- 30 Fig. 8b optische Anordnung für ein neuntes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung

- Fig. 8c optische Anordnung für ein zehntes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung
- Fig. 9a optische Anordnung für ein elftes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung
- 5 Fig. 9b optische Anordnung für ein zwölftes Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung
- Fig. 10 Schematische Darstellung eines Untersuchungsablaufes
- Fig. 11 Strahlenbündel bei der Betreibung einer Vorrichtung als adaptive Netzhautkamera
- 10 Fig. 12 Strahlenbündel bei der Betreibung einer Vorrichtung als adaptive Netzhautkamera zur Stereodokumentation der Netzhaut
- Fig. 13 Strahlenbündel bei der Betreibung einer Vorrichtung als Bildfeldscanner mit Fixationsstrahlengang
- Fig. 14 Strahlenbündel bei der Betreibung einer Vorrichtung für
15 Fluoreszenzuntersuchungen
- Fig. 15 Strahlenbündel bei der Betreibung einer Vorrichtung als Lichtscanner
- Fig. 16a Strahlenbündel bei der Betreibung einer Vorrichtung zum Funktionsimaging der Netzhaut
- 20 Fig. 16b weitere Strahlenbündel bei der Betreibung einer Vorrichtung zum Funktionsimaging der Netzhaut

Die nachfolgenden Ausführungsbeispiele kennzeichnen die Vielfalt der
25 Anwendungsgebiete der Erfindung. Schwerpunktmäßig und besonders ausführlich sollen Ausführungsbeispiele für die Ophthalmologie und Optometrie beschrieben werden, die sich sinngemäß auch auf andere Anwendungsgebiete in der Medizin und außerhalb der Medizin übertragen lassen.

30 Die einzelnen Ausführungsbeispiele für eine erfindungsgemäße Vorrichtung unterscheiden sich gerätetechnisch im Aufbau der optischen Anordnung.

In einem ersten Ausführungsbeispiel soll die optische Anordnung einem einfachen Empfangssystem 1 entsprechen, wie in Fig. 1a dargestellt. Die
5 Objekzebene 3.1 wird in die Bildebene 3.2 durch eine Optikeinheit 7.4 abgebildet. Unter der Pupillenebene des Empfangssystems 5.3 wird die Ebene verstanden, in der die Öffnungsblende des Empfangssystems 1 oder ihr Bild entsteht.

Erfindungsgemäß ist je eine elementweise voneinander unabhängig
10 ansteuerbare Strahlmanipulationseinheit-EMS 14 in einer Pupillenebene 5.3 und in der Bildebene 3.2 angeordnet. Die EMS 14 in der Pupillenebene 5.3 ist als EMS in Transmission 14.1 ausgeführt, während die EMS 14 in der Bildebene 3.2 als EMS als Empfänger 14.4 ausgeführt ist. Beide EMS 14 sind
15 über Schnittstellen 16 mit einem Informationstechnischen System-ITS 17 verbunden.

Als EMS 14 sollen nachfolgend allgemein Strahlmanipulationseinheiten mit mindestens einer optisch zugängigen Fläche verstanden werden, die aus
20 einzelnen voneinander unabhängig ansteuerbaren Elementen besteht, die die auftreffende Strahlung elementweise steuerbar verändern oder in elektronische Signale wandeln kann. Als Strahlmanipulation wird in diesem Sinne auch Wandlung elektromagnetischer Strahlung in elektronische Signale verstanden.

Eine EMS 14 besteht aus mindestens einem Bauelement, welches derartige
25 einzeln voneinander ansteuerbare Elemente in einer Fläche besitzt, die optisch zugänglich in einem Strahlengang angeordnet werden kann. Solche Bauelemente können Mikrospiegelarrays, LCD- Displays und Mikrodisplays in Transmission oder Reflexion sowie Farbdisplays oder auch CMOS-Chips als
30 Bildsensoren sein, die im Sonderfall direkt als EMS 14 einsetzbar sind oder in einer Anordnung als EMS 14 wirksam werden. So kann z.B. ein LCD-Chip in Transmission mit einem in Lichtrichtung vor dem Chip angeordneten

Polarisator eine EMS 14 erzeugen, deren Transmission innerhalb der optisch wirksamen Fläche für jedes einzelne Element steuerbar ist. So kann man im weiteren auch aus LCD-Reflexionsbauelementen in einer optischen Anordnung sowohl EMS in Transmission 14.1 oder aber auch EMS in Reflexion 14.2 erzeugen. Mikrospiegelarrays oder sogenannte DLP- oder DMD-Bauelemente können gegebenenfalls direkt als EMS in Reflexion 14.2 eingesetzt werden. CMOS-Bildsensoren mit einzeln ansteuerbaren und auslesbaren Pixeln sind ebenfalls direkt als EMS als Empfänger 14.4 einsetzbar, wobei nachfolgend die Pixel ebenfalls als Elemente bezeichnet werden. Auch Bauelemente, die als Array mit emittierenden Elementen aufgebaut sind, sind als EMS in Emission 14.3 erfindungsgemäß einsetzbar. Wie eine EMS 14 erzeugt wird und welche Bauelemente zu deren Erzeugung benutzt werden, ist für die Erfindung und auch für alle anderen Ausführungsbeispiele unerheblich, sofern sie eine optisch zugängige und optisch oder optoelektronisch wirksame Fläche mit einzeln voneinander unabhängig ansteuerbaren Elementen besitzt, die die Strahlung steuerbar manipulieren oder in elektronische Signale wandeln können.

Im Sonderfall kann es vorteilhaft sein, dass die EMS 14 aus einem einzelnen Element besteht.

20

Das ITS 17 ist in Fig. 1b schematisch dargestellt. Es besteht aus Steuereinheiten 17.1, die über die Schnittstellen 16 mit den steuerbaren Einheiten der optischen Anordnung, in diesem Fall der EMS 14.1 und der EMS 14.4 verbunden sind. Eine Zentraleinheit 17.5 ist mit den Daten-, Signal- und/oder Bildspeichereinheiten 17.2, den Signal- und/oder Bildverarbeitungseinheiten 17.3, den Auswerteeinheiten 17.4, den Einheiten zum Dialogbetrieb und zur Ergebnispräsentation 17.6, der Programmbibliothek 17.7 und den Einheiten zur Ergebnisdokumentation 17.8 verbunden.

Während die Steuereinheiten 17.1 die ansteuerbaren Einheiten der optischen Anordnung, in diesem Fall die EMS 14.1 und 14.4 steuern und die von diesen Einheiten übernommenen Daten, Signale bzw. Bilder an die

informationstechnischen Einheiten der ITS weitergegeben, dienen die anderen Einheiten der ITS zur Realisierung der mit der Vorrichtung vorgesehenen, später näher beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren.

- 5 Erfindungsgemäß werden nunmehr über das Verfahren zum Betrieb des beschriebenen Gerätes dessen Eigenschaften allein programmtechnisch festgelegt, die seine Eignung als bildgebendes, messendes und/ oder prüfendes Gerät definieren. Die erfindungsgemäße Wirkung des Verfahrens wird mittels Fig. 1c beschrieben. Fig. 1c stellt mögliche Strahlenbündel in der
- 10 optischen Anordnung von Fig. 1a dar, die allein durch Programmierung der EMS 14.1 und 14.4. erzeugbar sind. Zur Vereinfachung der Darstellung wurde die Hauptebene der Optikeinheit 7.4 in die Pupillenebene 5.3 gelegt.
- Diejenige Steuereinheit 17.1, die die Elemente der EMS in Transmission 14.1 ansteuert, kann die Transmission der einzelnen Elemente unabhängig
- 15 voneinander verändern. Würde die Ansteuerung derart erfolgen, dass eine zentrische kreisförmige Fläche aus Elementen voll durchgesteuert und der Rest der Elemente lichtundurchlässig geschaltet wird, wäre eine klassische Lochblende als Öffnungsblende des Systems realisiert. Der Vorteil aus dieser Sicht bestände bereits darin, mit hoher Genauigkeit verschiedene Öffnungen
- 20 zu realisieren und zeitlich mit hoher Zeitauflösung zu variieren. Das bedeutet, dass man während eines Aufnahme- oder Messvorganges z.B. Beleuchtungsänderungen durch Variation der Pupillenöffnung ausgleichen könnte, ohne ein mechanisches Teil zu bewegen. Darüber hinaus kann man nunmehr eine Vielzahl von Öffnungen verschiedener Geometrie mit beliebiger
- 25 Lage und Fläche programmtechnisch realisieren und mit hoher zeitlicher Auflösung variieren. Hinzu kommt, dass man nicht nur zwischen der maximalen und minimalen Transmission hin und her schalten kann, sondern auch definierte Transmissionswerte dazwischen einstellen kann. Die Wirkung einer EMS 14 in der Pupille stehend ist also nicht mehr mit einer
- 30 konventionellen Öffnungsblende vergleichbar, sondern eröffnet einen völlig neuen, mit dem Stand der Technik nicht realisierbaren, Anwendungsbereich.

Die EMS in Transmission 14.1 kann die Transmission und die Apertur eines einzelnen, nur durch ihre Elementgröße bestimmten, Elementarstrahlenbündels programmtechnisch festlegen.

5 Durch die EMS als Empfänger 14.4 in der Bildebene 3.2, die als CMOS-Bildempfänger mit einzeln auslesbaren Elementen ausgeführt ist, kann man in der Bildebene 3.2 beliebige, zur Objektebene 3.1 konjugierte Flächenelemente, deren Information selektiv an das ITS 17 weitergegeben wird, programmtechnisch festlegen, ohne dass das ganze Bild ausgelesen werden muss. Jedes Element ist zudem in seiner Empfindlichkeit
10 unterschiedlich einstellbar. Einzeln sind diese Vorteile der CMOS-Empfängertechnik dem technischen Stand bekannt.

Durch die Kombination und Unabhängigkeit der Ansteuerbarkeit aller Elemente der EMS 14.1 und der EMS 14.4 kann man nun erfindungsgemäß im Rahmen der optisch bzw. optoelektronisch wirksamen Elementezahl beliebige
15 Elementarstrahlenbündel erzeugen. Als Elementarstrahlenbündel soll das Strahlenbündel zwischen dem Objektpunkt oder einem konjugierten Bildpunkt und dem Öffnungspunkt in der zugehörigen Pupille verstanden werden. Dabei ist als Punkt idealisierend die jeweilige Fläche des Elementes bzw. dessen konjugierte Bildfläche gemeint. Steuert man nur ein Element der EMS 14.1
20 durch und liest nur ein Element der EMS 14.4. aus, erhält man ein derartiges Elementarstrahlenbündel.

In Fig. 1c ist ein solches Elementarstrahlenbündel a im Objekt- und Bildraum dargestellt. Durch die Lage der Flächenelemente A und D wird die Richtung des Elementarstrahlenbündels festgelegt. Steuert man gleichzeitig mehrere,
25 zusammenhängende Elemente der EMS 14.1 oder 14.4 gleichzeitig durch, entstehen die Strahlenbündel b, c und d, die sich aus jeweils mehreren Elementarstrahlenbündeln zusammensetzen. Die Eigenschaften dieser Bündel sind unterschiedlich. Sie unterscheiden sich nicht nur in ihrer Richtung, sondern auch in ihrer Apertur und in ihren objektseitigen bzw. bildseitigen
30 Flächen. Erfindungsgemäß kann man nunmehr nicht nur eine Vielzahl verschiedener Elementarstrahlenbündel unterschiedlichster Richtung und

Durchstoßpunkte durch Pupillen- und Objekt- bzw. Bildebene realisieren, sondern kann eine beliebige Anzahl zusammenhängender Strahlenbündel unterschiedlicher Eigenschaften (Geometrieform und Fläche in den Ebenen der Pupillen, des Objektes und des Bildes) gleichzeitig oder auch nacheinander erzeugen und zeitlich mit hoher Zeitauflösung variieren. Neben den bereits

5 genannten Eigenschaften kann man nunmehr unabhängig voneinander jedem Elementarstrahlenbündel weitere Eigenschaften zuweisen. Für dieses Ausführungsbeispiel kann man über die Transmission der Elemente der EMS 14.1 die Wertigkeit steuern, mit der ein Elementarstrahlenbündel in die

10 Helligkeit des Bildpunktes eingeht. Andererseits kann man mit der EMS 14.4 wiederum die Empfindlichkeit jedes Bildpunktes steuern, mit dem dieser in die anschließenden Signal- bzw. Bildanalyse eingeht. Beide Bewertungen kann man zeitlich variieren. Z.B. kann man erfindungsgemäß durch Frequenzmodulation der einzelnen Elemente der Pupille einzelne

15 Elementarstrahlenbündel durch gleiche Frequenzen verschiedenen Strahlengängen zuordnen, die signalanalytisch aus den elektronischen Signal- bzw. Bildfolgen anhand der Frequenzen wieder trennbar sind, abgesehen von den Möglichkeiten, verschiedene Strahlengänge durch zusammenhängende Elementarbündelstrukturen geometrisch zu trennen. Ordnet man bestimmten

20 Strahlengängen unterschiedliche Funktionen zu, kann man mit der einfachen optischen Anordnung gemäß Fig.1a nicht nur programmtechnisch unterschiedliche bildgebende, messende oder prüfende Gerätesysteme erzeugen, sondern diese auch gleichzeitig oder in sehr schneller Abfolge realisieren und ausführen. Später wird gezeigt, wie durch weitere

25 Ausgestaltung der optischen Anordnung weitere Freiheitsgrade zu höherer Variabilität und Multifunktionalität führen und durch weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine höhere Adaptivität und Lernfähigkeit für eine erfindungsgemäße Gerätelösung erreichbar ist.

Entsprechend dem beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel ist mit einer

30. einzigen fertigungstechnisch realisierten Anordnung (Fig. 1a) eine Vielzahl an bildgebenden, messenden und prüfenden Anwendungen allein durch

programmtechnische Steuerung realisierbar. Zudem lassen sich durch die Bewertungen über Transmission und Empfindlichkeit Rechenoperationen optisch als auch Masken zur schnellen Erkennung von Formen oder Formänderungen, Transmissionen und deren Änderungen, Farbänderungen oder auch Lageänderungen von Objekten erkennen, messen, bzw. prüfen.

Die erfindungsgemäße Lösung ermöglicht adaptive Bildgebung, Messung und Prüfung im Bereich der Medizin und Industrie.

Bildgebung, Messung oder Prüfung durch stark verschmutzende, reflektierende oder streuende Fenster oder?Satz? Schichten oder von Objekten kann mittels der erfindungsgemäßen Lösung realisiert werden, indem das Fenster zur Objektebene in eine konjugierte Ebene zur EMS 14.1 gelegt wird. Durch einen Programmalgorithmus kann die optimale Strahlgeometrie eingestellt werden. Transmissionsänderungen im Objektraum (z.B. Untersuchungen in strömenden oder durch strömende Flüssigkeiten) oder Helligkeitsänderungen durch variierende Beleuchtungsverhältnisse oder Änderungen an den Objekten können ermittelt und durch entsprechende Änderungen der Eigenschaften der Bündel als Fehlerquellen ausgeschaltet werden.

An diesem Ausführungsbeispiel ist bereits deutlich geworden, dass man von der Öffnungsblende im klassischen Sinne nicht mehr sprechen kann. Da man sich zudem mehrere EMS 14 in zueinander konjugierten Ebenen vorstellen kann, kann in jeder dieser Ebenen ein Teil der Elemente der jeweiligen EMS 14 den Charakter von Öffnungsblenden erhalten, so dass sich für verschiedene Objekt- bzw. Bildpunkte gleichzeitig wirksame Öffnungsblenden in verschiedenen Pupillenebenen befinden können. Deshalb wird nachfolgend nicht zwischen Öffnungsblende und Pupille unterschieden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, Anwendungsbeispiele und erfindungsgemäße Wirkungen ergeben sich analog zu den später beschriebenen Anwendungsbeispielen und werden dort näher erläutert.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel soll die optische Anordnung eines erfindungsgemäßen Gerätes dem eines einfachen Bestrahlungssystems 2 entsprechen, dargestellt in Fig. 2. Mittels einer Bestrahlungsquelle 9 und einer Optikeinheit 8.3 wird die Ebene 4.2 ausgeleuchtet, in der eine EMS in Transmission 14.1 angeordnet ist. Eine Optikeinheit 8.2 bildet gemeinsam mit einer Optikeinheit 8.4 die Ebene 4.2 in die bestrahlte Ebene 4.1 ab und erzeugt zugleich die Pupillenebene 6.3, in der eine weitere EMS in Transmission 14.1 angeordnet ist. Die EMS 14 sind über Schnittstellen 16 mit der bereits beschriebenen ITS 17 verbunden. In der schematischen Darstellung von Fig. 2 sind nur die zur Erklärung wichtigen Ebenen dargestellt. Beide EMS 14.1 sind derart aufgebaut, dass ihre Transmission unabhängig voneinander elementeweise in Graustufen gesteuert werden kann.

Aus Sicht der Funktion eines Bestrahlungssystems 2 ist die bestrahlte Fläche 4.1 maßgeblich. Die für die Punkte dieser Fläche maßgebliche Apertur der Lichtbündel wird durch die Ebene 6.3 bestimmt, die als Pupille bezeichnet wird. Nachfolgend, auch in den folgenden Ausführungsbeispielen, werden alle Ebenen als Pupillenebenen 5.1 bis 5.n und 6.1 bis 6.n bezeichnet, die zu der Ebene konjugiert sind, in der die Apertur des Strahlenbündels festgelegt wird, welches einen Punkt der bestrahlten Ebene 4.1 bestrahlt.

Die Betrachtungen zur erfindungsgemäßen Wirkung sind analog zum ersten Ausführungsbeispiel. Die Wirkung der EMS 14.1 in der Ebene 4.2 ist aus dem Stand der Technik als Einsatz für Projektoren oder aus dem Patent DE 198 12 050 A1 hinreichend bekannt. Die Ansteuerung dieser EMS 14.1 schafft eine strukturierte Beleuchtung in der bestrahlten Fläche, die in Abhängigkeit vom Ort und von der Zeit variabel geändert werden kann. Durch die Kombination mit der EMS 14.1 in der Pupillenebene 6.3 entsteht aber ein Gerätesystem mit völlig anderen Eigenschaften. Analog zum ersten Ausführungsbeispiel kann

man nunmehr bestrahlungsseitige Elementarstrahlenbündel bilden und diesen, wie bereits beschrieben, ebenfalls Eigenschaften und im weiteren Schritt funktionelle Strahlengänge zuweisen. Insbesondere kann man durch Ansteuerung der EMS 14.1 in der Pupillenebene 6.3 die Transmission jedes

5 Elementarstrahlenbündels zusätzlich und unabhängig zur Helligkeitssteuerung der Bildpunkte durch die Transmissionssteuerung jedes Elementes in der zur bestrahlten Ebene 4.1 konjugierten Ebene 4.2. mittels EMS 14.1 steuern. Damit sind wiederum Masken erzeugbar, die voneinander unabhängig Bildstruktur und gleichzeitig Pupillenstruktur (den Weg des bestrahlenden

10 Elementarbündels) bewerten, korrigieren oder verrechnen lassen. Durch die variable programmtechnische Gestaltung verschiedener Strahlengänge gleichzeitig oder nacheinander und die Möglichkeit, verschiedene Strahlengänge empfangsseitig z.B. geometrisch oder frequenzmäßig trennbar zu machen, hat auch dieses Ausführungsbeispiel

15 breite Anwendungsmöglichkeiten in der Medizin und Industrie. Die Vorteile und Anwendungen des Ausführungsbeispiels werden insbesondere im Zusammenwirken mit Empfängeranordnungen (siehe weitere Ausführungsbeispiele) noch erheblich erweitert. Dennoch bietet bereits die freie Programmierung der Verläufe der Elementarstrahlenbündel

20 Anwendungsmöglichkeiten für adaptive bestrahlungstherapeutische und laserchirurgische Gerätesysteme in der Medizin als auch für die industrielle adaptive Bearbeitung von Werkstoffen, bei der Bestrahlung durch verschmutzte Fenster oder teiltransparente Medien oder zur Realisierung von hochgenauen Bestrahlungsenergien, örtlichen Energieverteilungen oder

25 selektiven Bestrahlungen in definierten Schichten eines dicken transparenten oder teiltransparenten Objektes. So kann man z.B. Transmissionsunterschiede verschiedener Strahlenwege als Fehlerquelle bei der Erzeugung gleichmäßig bestrahlter Flächen ausschalten.

30 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, Anwendungsbeispiele und erfindungsgemäße Wirkungen ergeben sich analog zu den später beschriebenen Anwendungsbeispielen und werden dort näher erläutert.

Fig. 3 stellt schematisch ein drittes Ausführungsbeispiel dar, welches die optischen Anordnungen des ersten und zweiten Ausführungsbeispiels miteinander kombiniert. Die bestrahlte Ebene 4.1 des Bestrahlungssystems 2 soll vorzugsweise gleich der Objektebene 3.1 des Empfangssystems 1 sein. Das Bestrahlungssystem 2 soll dabei im Durchlicht zum Empfangssystem 1 angeordnet sein, wobei Anordnungen mit beliebigem Winkel zwischen Bestrahlungs- und Empfangssystem 1 und 2 gleichermaßen von Vorteil sein können und einfach durch entsprechende mechanische Vorrichtungen realisierbar sind. Die EMS 14 sind wiederum alle über Schnittstellen 16 mit dem ITS 17 verbunden.

Die Vielfalt der Anwendungsbeispiele und Vorteile dieser Anordnung für die Industrie und die Medizin ergibt sich aus der Kombination des ersten und zweiten Ausführungsbeispiels und ist bezüglich seiner?Satz? durch diese Kombination erweiterten Anwendungen und Vorteilen ähnlich den Ausführungsbeispielen zu den ophthalmologischen Gerätesystemen und wird folglich anhand der folgenden Ausführungsbeispiele näher erläutert.

In diesem Ausführungsbeispiel sind vorzugsweise 4 EMS 14 angeordnet. Mit 2 EMS im Gesamtsystem, z.B. mit 2 EMS im Bestrahlungssystem 2 oder 2 EMS im Empfangssystem 1 lassen sich wesentliche Teile der beschriebenen erfindungsgemäßen Wirkungen bereits erreichen. Durch den Einsatz weiterer EMS 14 wird der Spielraum für unterschiedlich realisierbare, bildgebende, messende, prüfende, bearbeitende oder therapeutische Gerätesysteme nur größer. Das Zusammenwirken verschiedener EMS 14 und erweiterter Strahlengänge wird ebenfalls ausführlich anhand der folgenden Ausführungsbeispiele für ophthalmologische Gerätesysteme beschrieben und ist analog auf Anwendungsbereiche der Medizin außerhalb der Augenheilkunde und in der Industrie übertragbar.

Ein viertes Ausführungsbeispiel ist in Fig. 4 schematisch dargestellt. Das Bestrahlungssystem 2 ist gegenüber dem im zweiten Ausführungsbeispiel

beschriebenen System um einen Strahlteiler 12 ergänzt, der das Empfangssystem 1 mit dem Bestrahlungssystem 2 zusammenführt. Ein zusätzlicher ansteuerbarer Strahlmanipulator-SM 15 ist vorzugsweise in unmittelbarer Nähe der Pupillenebene 6.3 angeordnet. Die Pupillenebene 6.3 wird in die Pupillenebene 6.2 abgebildet. Das Empfangssystem 1 ist ähnlich dem ersten Ausführungsbeispiel angeordnet. Die Optikeinheit 7.4 bildet gemeinsam mit der Optikeinheit 7.2 die Objektebene 3.1 in die Bildebene 3.2 ab, in der sich die bereits beschriebene EMS als Empfänger 14.4 als Bildsensor befindet. Die EMS in Transmission 14.1 in der Pupillenebene 5.3 wird durch die Optikeinheit 7.4 in die Pupillenebene 5.2 abgebildet. In unmittelbarer Nähe der Pupillenebene 5.3 ist ein weiterer SM 15 angeordnet. Beide Systeme werden derart zusammengeführt und ausgeführt, dass die Pupillenebenen beider Systeme vorzugsweise zueinander konjugiert sind und die Ebene der bestrahlten Fläche 4.1 und die Objektebene 3.1 in eine gemeinsame Ebene fallen, mittels Verstellung von ansteuerbaren Optikeinheiten 8.4 bzw. 7.4. Alle ansteuerbaren Einheiten einschließlich der EMS 14 sind über die Schnittstellen 16 mit der bereits beschriebenen ITS 17 verbunden. Die Schnittstellen 16 sind in Fig. 4 durch gestrichelte Linien dargestellt.

Die SM 15 sind als Filterräder ausgeführt, die für Farbuntersuchungen oder auch für Fluoreszenzuntersuchungen entsprechende Filter besitzen.

Vorzugsweise soll dieses Ausführungsbeispiel zur Untersuchung von Gewebe oder Material im Auflicht angewendet werden. Anwendungsbeispiele sind Geräte zur Bildgebung, Messung, Prüfung und Behandlung an und in lebenden und toten Geweben, insbesondere der Haut und für Körperhöhlen. Es unterscheidet sich im Prinzip von den nachfolgend vorgestellten ophthalmologischen Ausführungsbeispielen nur dadurch, dass sich die bestrahlte Fläche und die Objektfläche im Endlichen befindet. Sämtliche vorangegangene oder spätere Beschreibungen und mögliche Modifikationen treffen auch für diese Vorrichtung zu, einschließlich die erfindungsgemäßen Wirkungen und Effekte.

Gegenüber konventionellen derartigen Geräten besteht der Vorteil in kontrastreichen Bildern von den Objekten, in der Multifunktionalität, Gleichzeitigkeit von verschiedenen Untersuchungen und in der Realisierung von Adaptivität ähnlich den Untersuchungsgeräten für das Auge 10.

5 .Anwendungsvielfalt und erfindungsgemäße Vorteile sowie vorteilhafte Ausgestaltungen sind gleich oder analog zu den nachfolgenden Ausführungsbeispielen.

Figur 5 zeigt ein fünftes Ausführungsbeispiel, ein ophthalmologisches
10 Untersuchungsgerät vorzugsweise für Objekte am Augenhintergrund auf der Basis der indirekten Ophthalmoskopie bzw. Netzhautkameratechnik.

Es sind, wie in den vorangegangenen Fig.?, nur die funktionell wesentlichen Ebenen und Einheiten schematisch dargestellt.

Die optische Anordnung dieses Ausführungsbeispiels besteht aus einem
15 Bestrahlungssystem 2 und einem Empfangssystem 1, wobei das Bestrahlungssystem 2 eine bestrahlte Ebene 4.1 im Auge 10 bestrahlt und das Empfangssystem 1 eine Objektebene 3.1 im Auge 10 in eine Bildebene 3.2 abbildet. Für Standardanwendungen fallen diese Ebenen zusammen, müssen es aber nicht. Ausgehend von diesen Ebenen verlaufen Bestrahlungs- und
20 Empfangssystem 1 und 2 gemeinsam durch das Auge 10, durch die Augenpupille über die Ophthalmoskoplinsen 11, bilden die Zwischenbilder 3.3 und 4.3, die zu den Ebenen 3.1 und 4.1 konjugiert sind und werden durch eine EMS 14 voneinander getrennt. Bestrahlungs- und Empfangssystem 1 und
25 Systeme 5.2 und 6.2 zueinander konjugiert sind und ineinander abgebildet werden ($5.2 = 6.2$) und über die Ophthalmoskoplinsen 11 auch zugleich in die Ebene der Augenpupille abgebildet werden ($5.1 = 6.1$). Die optisch wirksame Fläche der EMS 14 wird in diese gemeinsame Pupillenebene ($5.2 = 6.2$) gelegt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird zur Strahlentrennung eine EMS in
30 Reflexion 14.2 auf der Basis eines Spiegelarrays mit mindestens 2, vorzugsweise, aber 3 definierten Ablenkswinkeln eingesetzt.

Das Bestrahlungssystem 2 besteht aus einer Bestrahlungsquelle 9, die über eine Optikeinheit 8.3 eine zur bestrahlten Ebene 4.1 konjugierte Ebene 4.2 bestrahlt, aus einem SM 15, einer Optikeinheit 8.1, die die Ebene 4.2 gemeinsam mit der Ophthalmoskoplinsen 11 und den abbildenden Schichten des Auges 10 in die bestrahlte Ebene 4.1 über spiegelnde Elemente der EMS in Reflexion 14.2 abbildet.

Das Empfangssystem 1 bildet die Objektebene 3.1 im Auge 10 über die abbildenden Schichten des Auges 10, über die Ophthalmoskoplinsen 11, über spiegelnde Elemente der EMS in Reflexion 14.2, über die Optikeinheit 7.1, über einen SM 15 in die Empfängerebene 3.2 ab, in der die bildaufnehmende Fläche eines CCD-Empfängers 13.1 angeordnet ist.

Die EMS in Reflexion 14.2 und alle anderen ansteuerbaren Einheiten des Gerätesystems 7.1, 8.1, 13.1 und 15 sind über Schnittstellen 16 mit einem ITS 17 verbunden.

Das ITS 17 entspricht der bereits beschriebenen Ausführungsform, wobei die Einheiten zur Ergebnisdokumentation 17.8 als Einheiten zur patientenbezogenen Datenbank und für das Patientendaten- und Bildmanagement ausgebildet sind. Im Weiteren sind die Einheiten für den Dialogbetrieb und zur Ergebnispräsentation 17.6 erweitert um Einheiten zum Informationsaustausch mit Netzen insbesondere mit dem WWW.

Die schematisch dargestellten Optikeinheiten 7.1 und 8.1 dienen der Scharfstellung der bestrahlten Ebene 4.1 und der Objektebene 3.1 in die gewünschte Ebene im Auge 10 und dem Fehlsichtigkeitsausgleich, ohne die Lage der Pupillenebenen zu ändern. Die SM 15 sind als steuerbare Filterräder für Farb-, Eigenfluoreszenz und Untersuchungen mit Fluoreszenzindikatoren ausgebildet.

Erfindungsgemäß wird durch die Ansteuerung der EMS in Transmission 14.1 die Wirkung der Pupillen von Beleuchtungs- und Empfangsstrahlengängen und

der Strahlentrennung frei programmierbar. Wie bereits beschrieben, werden durch die unabhängig ansteuerbaren Elemente der EMS 14 Elementarbündel zwischen jedem Punkt der Ebenen 4.1 bzw. 3.1 und jedem Element des Spiegelarrays der EMS 14 gebildet. Entsprechend dem erfindungsgemäßen

5 Verfahren werden diese Elementarstrahlenbündel durch Ansteuerung der Spiegelemente der EMS in Reflexion 14.2 dem Bestrahlungs- oder Empfangssystem 2 und 1 zugeordnet oder ausgespiegelt. Die Ausspiegelung erfolgt zur Erzeugung eines strahlenfreien Raumes. Im Weiteren bestimmt die

10 Zahl bzw. Fläche der jeweils einem System zugeordneten Elemente die wirksame Apertur und damit wesentliche Eigenschaften für Bildgebung, Messung, Prüfung, Stimulierung oder Behandlung im Auge 10. Durch die Lage, Geometrieform und Fläche der zu einem System geschalteten Spiegelemente in der Pupillenebene werden unter anderem die Intensität, wellenoptische, sphärische und chromatische Abbildungsfehler, Astigmatismus, das

15 geometrische Auflösungsvermögen, die fotometrische Auflösung und Nachweisgrenze sowie der Anteil an störendem Reflex- bzw. Streulicht bestimmt. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem Verfahren kann man in Abhängigkeit von der hohen individuellen Variabilität des Patientenauges und der Zielstellung einer Untersuchung jeweils einen

20 optimalen Kompromiss zwischen diesen Eigenschaften finden und die gerätetechnische Lösung und deren Systemparameter individuell an die Untersuchung und an die Gegebenheiten des individuellen Auges 10 anpassen. Diese Eigenschaften der Erfindung sollen funktionelle Adaptivität und individuelle Adaptivität genannt werden. Verfahrensmäßig werden

25 Optimierungsprogramme ausgeführt, die die optimalen Einstellungen in Berücksichtigung der Untersuchungsziele und Patientenbesonderheiten ermitteln. Dazu werden, wie bereits beschrieben, den möglichen Elementarstrahlenbündeln durch EMS 14- Ansteuerung jeweils Eigenschaften wie Zuordnung zum Bestrahlungs- oder Empfangssystem 2 und 1 oder

30 Ausspiegelung, Verlauf der Elementarstrahlenbündel durch die Augenmedien, Volumen des strahlenfreien Raumes, Lage der Pupillenfläche in der Iris und

durch Ansteuerung der anderen steuerbaren Einheiten die Spektren für Farb- oder Fluoreszenzuntersuchungen sowie die Lage der Ebenen 3.1 und 4.1 im Auge 10 programmtechnisch zugeordnet. Es entstehen dadurch die funktionellen Strahlengänge des Bestrahlungs- und Abbildungssystems zur Beleuchtung und zur Bildgebung im Gerätesystem und im Auge 10. Mit der hohen zeitlichen Auflösung der EMS 14 können, wie früher beschrieben, durch zeitliche Modulation (z.B. Frequenzmodulation oder zeitliche Aufeinanderfolge) weitere Eigenschaften Elementarstrahlenbündeln zugeordnet und somit weitere verschiedene Strahlengänge aus Elementarstrahlenbündeln mit gleichen Eigenschaften gebildet werden, deren unterschiedliche Information, wie bereits beschrieben, signal- oder bildanalytisch wieder trennbar ist.

Im Unterschied dazu sind die Eigenschaften der gerätetechnischen Lösung des Standes der Technik durch einen fertigungstechnisch vorgegebenen Lochspiegel und Antireflexblenden fest vorgegeben und nicht anpassbar.

Man erreicht andere erfindungsgemäße Wirkungen, wenn man das Ausführungsbeispiel modifiziert, indem die EMS 14 als EMS in Transmission 14.1 ausgeführt und in der zur bestrahlten Ebene 4.1 konjugierten Ebene 4.2 im Bestrahlungssystem 2 angeordnet oder die EMS 14 als EMS als Empfänger 14.4 ausgeführt und anstelle des CCD-Empfängers 13.1 angeordnet wird.

Mit einer EMS in Transmission 14.1 in der Ebene 4.2 kann man durch die unabhängige Ansteuerung verschiedener Transmissionswerte der Elemente der EMS 14 entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren verschiedene Strahlengänge mit völlig unterschiedlichen Funktionen erzeugen, die die Anwendungsbereiche einer Netzhautkamera weit überschreiten, wie später in einem Ausführungsbeispiel zu den erfindungsgemäßen Verfahren noch dargestellt wird.

Den Elementarstrahlenbündeln, die in diesem Fall zwischen den mechanischen Öffnungen der Blenden in den Pupillenebenen und den Elementen der EMS 14 oder deren Bilder gebildet werden, ordnet man dazu wiederum

programmtechnisch Eigenschaften wie Lage, Farbe, Modulationsfrequenz oder Zeitverhalten und Transmissionswerte zu und kann über gleiche Eigenschaften, insbesondere wie bereits beschrieben, durch zeitliche Zuordnungen oder Frequenzeigenschaften mehrere Strahlengänge gleichzeitig
5 oder in sehr schneller Folge nacheinander erzeugen. Ein Beispiel ist die gleichzeitige Erzeugung eines Fixations-, eines bildgebenden bzw. Dokumentations-, eines Mess- und Stimulierungsstrahlenganges, wie später beschrieben. Da mit den folgenden Ausführungsbeispielen derartige erfindungsgemäße Lösungen noch wesentlich vorteilhafter gestaltet werden
10 können, wird auf spätere Ausführungen verwiesen, die analog auf diese einfachen Ausführungsbeispiele zu übertragen sind.

Fig. 6 zeigt ein sechstes Ausführungsbeispiel, ebenfalls ein ophthalmologisches Gerät, vorzugsweise für den Augenhintergrund. Die hier dargestellte optische Anordnung unterscheidet sich gegenüber dem vorangegangenen
15 Ausführungsbeispiel darin, dass weitere EMS 14 vorgesehen sind. Im Bestrahlungsstrahlengang wurden die Optikeinheit 8.1 gegen die Einheiten 8.2 und 8.4 ersetzt, die vor allem eine weitere Pupillenebene 6.3, konjugiert zur Pupillenebene 6.2, erzeugen, in der eine weitere EMS in Transmission 14.1 angeordnet wird. Eine dritte EMS 14 wird in Transmission ausgeführt und in
20 der zur bestrahlten Ebene 4.1 konjugierten Ebene 4.2 angeordnet. Im Empfangssystem 1 wird der CCD-Empfänger 13.1 gegen eine EMS als Empfänger 14.4 und die Optikeinheit 7.1 wird durch 2 Optikeinheiten 7.2 und 7.4 ersetzt, womit eine zusätzliche Pupillenebene 5.3 konjugiert zu 5.2 erzeugt wird. In dieser Pupillenebene 5.3 wird eine weitere EMS in Transmission 14.1
25 angeordnet. Alle weiteren EMS 14 sind, wie auch die steuerbaren Optikeinheiten 7.4 und 8.4, mit dem bereits beschriebenen ITS 17 über die Schnittstellen 16 verbunden. Die ansteuerbaren Optikeinheiten 7.4 und 8.4 können die Scharfstellung in die gewünschte Lage im Auge 10 für die Objektebene und die bestrahlte Ebene in Verbindung mit dem
30 Fehlsichtigkeitsausgleich realisieren. Zusätzlich sollen diese Einheiten den

Abbildungsmaßstab vorzugsweise kontinuierlich verstellen können. Diese Einstellfunktionen lassen die Lage der Pupillenebene 5.2 bzw. 6.2 unverändert. Wie im fünften Ausführungsbeispiel ist der Strahlteiler 12 in der Pupillenebene $5.2=6.2$ als EMS 14 auf Basis eines Spiegelarrays ausgeführt, dessen

5 erfinderische Wirkung bereits beschrieben wurde. Die zusätzlichen EMS 14 erweitern die erfinderischen Vorteile beträchtlich. Erfindungsgemäß sind nunmehr sowohl im Empfangssystem als auch im Bestrahlungssystem voneinander unabhängige beliebige Elementarstrahlenbündel, wie bereits im dritten Ausführungsbeispiel beschrieben, erzeugbar. Diese werden durch die

10 Ansteuerung der Elemente der EMS 14 erzeugt und bilden sich jeweils zwischen den Elementen der Bildebenen und zugehörigen Pupillenebenen heraus, sofern diese Elemente empfangs- bzw. bestrahlungswirksame Strahlen zulassen. Zusätzlich kann man mit dem Strahlteiler 12 als EMS 14 beliebige Elementarstrahlen dem Empfangs- oder Beobachtungssystem 1 zuordnen.

15 Dadurch, dass die EMS in Transmission 14.1 der Pupillenebenen zu der EMS in Reflexion 14.2 konjugiert sind, braucht die EMS in Reflexion 14.2 keine 3 Ablenkwinkel, um Strahlen auszuspiegeln. Diese Funktion lässt sich durch Ansteuerung der EMS 14 in den Pupillenebenen 6.3 bzw. 5.3 realisieren, indem diese EMS in Transmissin 14.1 die Strahlenbündel begrenzen und damit

20 beliebigen strahlenfreien Raum zwischen den empfangs- und strahlungsseitigen Bündeln zur Beseitigung von Reflex- und Streulicht erzeugen können.

Gleichzeitig lassen sich mit der EMS 14 in der Pupillenebene 6.3 störende Strahlenbündel beseitigen, indem die Transmission der entsprechenden

25 Elemente auf Null geschaltet wird.

Eine weitere Wirkung von EMS 14 in konjugierter Anordnung zueinander ist, dass man eine Kontrastverstärkung in der bestrahlten Ebene 4.1 und in der Empfängerebene z.B. durch Multiplikation der Transmissionswerte auf die Elementarstrahlenbündel erreicht und zudem rechentechnische Operationen

30 z.B. zur Korrektur von Ausleuchtungsverhältnissen oder großen Reflexions- bzw. Remissionsunterschiede im Objektebenenbereich (Beispiel: Foveola und

Sehnervenkopf) zusätzlich zur Erzeugung verschiedener Strahlengänge erreichen kann.

Ein weiterer erfindungsgemäßer Vorteil für die EMS in Reflexion 14.2 als Strahlteiler zwischen Bestrahlungs- und Empfangssystem 2 und 1 ergibt sich, wenn die Spiegelkipfung zusätzlich zu der definierten Winkelstellung feinfühlig kontinuierlich ansteuerbar ist, da man in diesem Fall auch Wellenfrontkorrekturen zur Erhöhung der bildgebenden Auflösung erreichen kann.

Fig. 7 zeigt ein siebentes Ausführungsbeispiel, das sich vom sechsten Ausführungsbeispiel nur in der Trennung von Bestrahlungs- und Empfangssystem 2 und 1 unterscheidet. Anstelle der EMS 14 bzw. des konventionellen Lochspiegels wird ein teildurchlässiger Strahlteiler 12 angeordnet, der nicht mehr zwangsweise in der gemeinsamen Pupillenebene 5.2=6.2 liegen muss. Die Schnittstellen 16, die die ansteuerbaren Einheiten von Bestrahlungs- und Empfangssystem 2 und 1 mit dem ITS 17 verbinden, sind in Fig. 7 als gestrichelte Linien gekennzeichnet.

Im Unterschied zu einer EMS 14, deren Elemente das Elementarstrahlenbündel nur vollständig dem Bestrahlungs- bzw. Empfangssystem 2 und 1 zuordnet und damit keine Überdeckung der Pupillenöffnungen von beiden Systemen ermöglicht, kann mit der in diesem Beispiel vorgeschlagenen Lösung mittels teildurchlässigem Strahlteiler 12 eine beliebige Überdeckung der Pupillenöffnungen beider Systeme realisiert werden. Das kann insbesondere von Vorteil sein, wenn die Reflexfreiheit nicht durch geometrische Strahlteilung sondern z.B. durch spektrale Strahlteilung realisiert werden kann. Das ist z.B. bei Fluoreszenzuntersuchungen der Fall. Während im Bestrahlungssystem 2 mittels SM 15 die Erregerwellenlänge eingestellt wird, wird im Empfangssystem 1 mittels SM 15 die Erregerwellenlänge gesperrt und nur die Fluoreszenzwellenlänge zugelassen.

Selbstverständlich kann mittels EMS 14 der Pupillenebenen auch geometrische Strahlteilung realisiert werden. Für die vorgeschlagene Lösung aus Fig. 7 kann auch als Strahlteiler 12 zur Trennung von Empfangs- und Bestrahlungssystem 1 und 2 der konventionelle Lochspiegel verwendet werden. In diesem
5 Ausführungsfall würden durch den konventionellen Lochspiegel die möglichen nutzbaren Bereiche der Pupillenebene für die Bildung von Elementarstrahlenbündeln in beiden Systemen fest eingeschränkt werden, blieben aber in den für das Bestrahlungs- bzw. Empfangssystem 2 und 1 fest vorgegebenen Pupillenbereichen frei programmierbar. Der Einsatz eines
10 Lochspiegels würde also die möglichen frei programmierbaren Eigenschaften einschränken.

Die im Zusammenhang mit den erfindungsgemäßen Verfahren erzielbaren weiteren Wirkungen und Vorteile werden mit der Beschreibung der
15 Ausführungsbeispiele für die später beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren ausführlicher dargestellt.

Die beschriebenen Ausführungsbeispiele 1 bis 7 kann man zur Erhöhung der
20 Freiheitsgrade für die Funktionalität der programmierbaren Elementarstrahlenbündel bzw. Strahlengänge weiter modifizieren.

Fig. 8a stellt ein vorteilhaftes achttes Ausführungsbeispiel für ein Bestrahlungssystem 2 mit 2 parallelen, nahezu identischen Teilsystemen 2.1 und 2.2. und einem weiteren Teilsystem 2.3 dar.

25 Das 3. Teilsystem soll eine parallele Infrarotbeleuchtung der bestrahlten Ebene 4.1 realisieren, die von einem später beschriebenen empfangsseitigen Teilsystem zur Aufnahme von Infrarotbildern benötigt wird. Dazu wird eine Infrarotquelle 9.1 über Optikeinheiten 8.3 und 8.2 über einen Umlenkspiegel 8.7 einem spektralen Teiler zugeführt, der die Infrarotstrahlung in den
30 gemeinsamen Bestrahlungsstrahlengang 2? einspiegelt. Mit dem SM 15 kann dieser Teilstrahlengang spektral abgestimmt werden.

Die infrarote Bildaufnahme wird vorzugsweise über ein gesondertes Teilsystem bestrahlungs- und empfangsseitig realisiert, da die Aufnahme von Infrarotbildern und deren Auswertung durch ein Folgeprogramm eine mögliche Lösung zur Erkennung und Korrektur von Augenbewegungen darstellt, die bei
5 den meisten Untersuchungen sinnvoll ist.

Das Bestrahlungssystem 2 aus den Abschnitten 2 und 2.1 bzw. 2 und 2.2 entspricht funktionell dem Bestrahlungssystem 2 aus Fig. 6 bzw. 7. und muss nicht noch einmal beschrieben werden. Der Abschnitt des
10 Bestrahlungssystems 2 aus Fig 6 bzw. Fig 7 von der Bestrahlungsquelle 9 bis einschließlich zum SM 15 wurde ein zweites Mal aufgebaut und parallel zueinander als Teilsystem 2.1 und 2.2. in das Bestrahlungssystem 2 integriert. Dabei wird die Bestrahlungsquelle 9 von beiden Teilsystemen benutzt. Die Umlenkspiegel 8.7 dienen zur Umlenkung und die Zusammenführung der
15 Teilsysteme 2.1 und 2.2. erfolgt durch den teildurchlässigen Spiegel 8.8 .

Die Wirkung eines Teilsystems mit einer EMS in Transmission 14.1 in der zur bestrahlten Ebene 4.1 und einer EMS in Transmission 14.1 in einer Pupillenebene wurde bereits ausreichend beschrieben. Durch die Anordnung
20 von zwei parallelen Teilsystemen dieser Art kann man den bestrahlungsseitigen Elementarstrahlenbündeln, die in jedem Teilsystem unabhängig voneinander frei programmierbar sind mit einer weiteren unabhängigen Eigenschaft, z.B. einer unterschiedlichen spektralen Charakteristik versehen und miteinander überlagern. Die spektrale
25 Charakteristik kann dabei durch die EMS 14, wie bereits beschrieben, als Ausführung eines ansteuerbaren Filterrades ausgeführt werden, aber auch als steuerbarer spektral durchstimmbarer Filter. Das Ergebnis ist eine Erhöhung der Freiheitsgrade für die programmierbaren Eigenschaften und Funktionalität der erfindungsgemäßen Lösungen.

Ein neuntes Ausführungsbeispiel ist in Fig. 8b dargestellt. Zur Aufnahme von Infrarotbildern wird in das Empfangssystem 1 ein Spektralteiler 8.9 eingebracht, der die Infrarotstrahlung in ein empfangsseitiges Teilsystem 1.3 lenkt. Die Optikeinheit 7.5 bildet die Objektebenen 3.1 auf einen Infrarot-
5 Bildempfänger 13.2 ab.

Ein zehntes Ausführungsbeispiel gezeigt mit Fig. 8c ist eine weitere erfindungsgemäße Lösung zur vorteilhaften Erzeugung von Teilsystemen am Beispiel des Empfangssystems 1. Wird z.B. die EMS 14 der Pupillenebene des
10 Empfangssystems 1 der Ausführungsbeispiele 6 und 7 nicht als EMS in Transmission 14.1, sondern als eine EMS in Reflexion 14.2, z.B. auf der Basis eines Spiegelarrays mit mindestens 2 definierten Ablenkungswinkeln ausgeführt, kann man das Empfangssystem 1 in zwei Teilsysteme 1.1 und 1.2 teilen. In der zur Objektebene 3.1 konjugierten Bildebene 3.2 des zweiten Teilsystems
15 14.2 soll vorzugsweise eine zweite EMS als Empfänger 14.4 angeordnet werden. Das Teilsystem 1.2 ist analog zu dem Teilsystem 1.1 aufgebaut. Vorrichtung und Wirkung des Bestrahlungssystems 2 entlang des Teilsystems 1.1 wurde bereits mit dem sechsten bzw. siebenten Ausführungsbeispiel beschrieben und gilt analog auch für das Teilsystem 1.2
20 Die vorteilhafte Wirkung dieser Anordnung besteht nun z.B. darin, dass man allein durch programmtechnische Ansteuerung der EMS in Reflexion 14.2 in der Pupillenebene entscheidet, ob die EMS als Empfänger 14.4 z.B. Stereobilder liefert oder z.B. spektral unterschiedliche Bilder aus gleichem Betrachtungswinkel. Steuert man die Elemente der EMS in Reflexion 14.2
25 derart an, dass eine geometrische Pupillenteilung erfolgt, d.h. die Hälfte der jeweils benachbarten Elementarstrahlenbündel wird als zusammengehörendes Bündel dem Teilsystem 1.1 zugeordnet, während die andere Hälfte dem Teilsystem 1.2 zugeordnet wird, erhält man Stereobilder. Steuert man die Elemente so an, dass die Elementarstrahlenbündel abwechselnd den
30 Teilsystemen 1.1 und 1.2 zugeordnet werden, realisiert man näherungsweise die Wirkung einer Amplitudenteilung. Im letzteren Fall kann man mittels SM 15

die beiden Teilsysteme 1.1 und 1.2 spektral unterschiedlich abstimmen, während im Fall der Stereo-Betriebsart die SM 15 vorteilhafterweise gleiche Wirkung in beiden Teilsystemen 1.1 und 1.2 haben soll.

- 5 Ein elftes Ausführungsbeispiel wird anhand von Fig. 9a erläutert. Modifiziert wird das in Fig. 8a gezeigte achte Ausführungsbeispiel durch die Ergänzung eines Therapiestrahlanganges, beispielsweise für die photodynamische Therapie am Auge 10 zur Behandlung der AMD. Ein entsprechender AMD-fähiger und ansteuerbarer Therapielaser 9.2 wird über eine Optikeinheit 8.5
10 und einen steuerbaren Klappspiegel 8.6 in den Strahlengang des Teilsystems 2.2 bei Bedarf eingespiegelt. Klappspiegel 8.6 und Therapielaser 9.2 sind über Schnittstellen 16 mit dem ITS 17 verbunden. Die Optikeinheit 8.5 sorgt für eine Ausleuchtung der EMS in Transmission 14.1 in der Ebene 4.2 mit dem Laserlicht. Entsprechend der bereits beschriebenen Wirkung können nunmehr
15 therapeutische Elementarstrahlenbündel gebildet werden, die jede beliebige geometrische Form in der bestrahlten Ebene 4.1 mit beliebigen Intensitätsmustern bilden können, während gleichzeitig zur Therapie weitere Strahlengänge für andere Funktionen programmtechnisch über das Teilsystem 2.2 erzeugt werden können. Ein erster deutlicher Vorteil besteht nunmehr
20 darin, dass das Therapiesystem mit dem Untersuchungssystem in einem Gerät kombiniert ist. Die grafischen Untersuchungsergebnisse, die derzeit noch durch Bildauswertung der Fluoreszenz angiografischer Bilder gewonnen werden, stehen unmittelbar für die Therapie zur Verfügung..
- 25 Ein zwölftes Ausführungsbeispiel wird anhand der Fig. 9b näher erklärt. Die Zeichnung stellt eine Anordnung als Teilsystem 2.4 für ein Bestrahlungssystem 2 dar, das zur Therapie aber auch für Messungen in das Bestrahlungssystem 2 mittels ansteuerbarem Klappspiegel 8.6 eingespiegelt werden kann. Ein therapeutischer Koagulations- oder Messlaser 9.3 z.B. für Laser-Doppler-
30 Messungen wird auf einen xy-Scannerspiegel 8.10 gerichtet, der in einer Pupillenebene 6.4 angeordnet ist. Mittels ansteuerbarer Optikeinheit 8.4 kann

der Koagulations- oder Messlaser 9.3 auf die bestrahlte Ebene 4.1 fokussiert werden. Die Schnittstellen 16 verbinden die ansteuerbaren Einheiten der Anordnung mit der ITS 17.

- 5 Die Kombination notwendiger Diagnose- bzw. Untersuchungstechnik mit der therapeutischen Vorrichtung im gleichen Gerätesystem sind eine Voraussetzung für eine individuelle Therapieführung und -optimierung. Weitere erfindungsgemäße vorteilhafte Wirkungen des elften und zwölften Ausführungsbeispiels werden nachfolgend bei der Beschreibung des
- 10 Zusammenwirkens der Vorrichtung mit den erfindungsgemäßen Verfahren dargestellt.

- Weitere Modifikationen, die Erzeugung weiterer Teilsysteme oder der
- 15 Austausch von Einheiten oder der beschriebenen EMS 14 durch andere EMS 14 ändert am erfinderischen Grundgedanken nichts Wesentliches, sondern führt zur Änderung der funktionellen Möglichkeiten bzw. Variabilität, erweitert oder schränkt die Breite der Anwendungen ein.

- 20 So wird vorzugsweise als Bestrahlungsquelle 9 eine Xe-Lampe im kontinuierlichen Betrieb eingesetzt, um eine hohe Leuchtdichte zu erreichen. Dennoch können Mittel für den zusätzlichen Blitzbetrieb vorteilhaft sein. Die Bestrahlungsquelle 9 kann mit ihrer strahlenden Fläche und ihrem Öffnungswinkel im Zusammenwirken mit ihrer Abbildung über die Optikeinheit
- 25 8.3 die Variationsmöglichkeit der Bildung von Elementarlichtstrahlen einschränken.

- Die SM 15 wurden beispielhaft als Filterräder mit bekannten Filtern ausgeführt. Vorteilhaft könnte auch der Einsatz strukturierter Filter sein, die in
- 30 einer Pupillenebene konjugiert zu einer EMS 14 liegen. Damit könnte man

durch die Filterstruktur jedem Element der EMS 14 bzw. jedem Elementarstrahlenbündel eine definierte Farbe zuordnen.

Eine andere vorteilhafte Ausführung der SM 15 könnten steuerbare Polarisatoren oder ansteuerbare durchstimbare Filter sein, die im Bestrahlungssystem und im Empfangssystem angeordnet, z.B. Untersuchungen zur Eigenfluoreszenz oder fluoreszierenden Farbstoffen möglich machen, deren Spektren noch nicht bekannt sind.

Bisher wurde nur der Einsatz von bildgebenden Empfängern beschrieben. Es kann auch vorteilhaft sein, andere oder zusätzliche Strahlungsempfänger wie Fotovervielfacher oder andere ein- oder mehrflächige Halbleiterempfänger einzusetzen. Hochempfindliche MCP- Empfänger oder andere Systeme zum Einzelphotonennachweis können ebenfalls vorteilhaft sein, wie für bestimmte Einsatzfälle auch CCD-Linienempfänger.

Die Multifunktionalität der erfindungsgemäßen Lösung entsteht erst durch das Zusammenwirken des erfindungsgemäßen Verfahrens mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung, realisiert durch das Zusammenwirken der bereits beschriebenen Hard- und Softwareeinheiten der ITS 17 mit den anderen Einheiten der Vorrichtung.

Zur Erläuterung des Verfahrens wird von einer Vorrichtung entsprechend Fig. 7 mit einer Aufteilung des Bestrahlungssystems 2 in Teilsysteme 2.1, 2.2 und 2.3 entsprechend Fig. 8a ausgegangen.

Wie bereits vorher beschrieben, ermöglichen die dargestellten Vorrichtungen die Bildung von Elementarstrahlenbündeln. Als Elementarstrahlenbündel sollen die kleinsten Strahlenbündel verstanden werden, die durch die Vorrichtungen programmtechnisch über die Ansteuerung mittels ITS 17 erzeugt werden können, z.B. indem jeweils ein Element der verschiedenen, vorgesehenen EMS 14 angesteuert wird. Wie bereits beschrieben, erzeugt man ein Elementarstrahlenbündel mit einer EMS in Reflexion 14.2, indem die Winkelstellung eines Elementarspiegels gesteuert wird und die durch den Elementarspiegel reflektierte Strahlung in das gewünschte System

eingespiegelt wird. Mit einer EMS in Emission 14.3 (selbstleuchtende EMS) werden die selbststrahlenden Elemente direkt eingeschaltet oder mit einem definierten Intensitätswert versehen. Bei eingesetzten EMS in Transmission 14.1, wie im vorliegenden Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 und Fig. 8a, wird für jede EMS in Transmission 14.1 ein Element in Transmission geschaltet. Ein Element mit dem Transmissionswert 0 kann kein Elementarstrahlenbündel bilden. Für die EMS als Empfänger 14.4 braucht einfach nur ein Element allein ausgelesen werden. So kann man Elementarstrahlenbündel zwischen den Elementen der beiden EMS 14 im Bestrahlungs- bzw. im Empfangssystem 2 und 1 gemäß Fig. 7 erzeugen, die nur durch die Fläche der Elemente der EMS 14 bzw. deren Bilder begrenzt werden. Die Richtung und Lage der Elementarstrahlen im Auge 10 wird nur durch die Lage der angesteuerten Elemente der EMS 14 in den Ebenen bestimmt. Zwischen Bestrahlungssystem 2 und Empfangssystem 1 oder in den Teilsystemen 2.1 und 2.2 aus Fig. 8a können die Elementarstrahlenbündel unabhängig voneinander erzeugt werden. Innerhalb eines Systems bzw. Teilsystems bilden sich Elementarstrahlenbündel derart heraus, dass jedes Element bzw. deren Bild der ersten EMS 14 mit jedem Element bzw. dessen Bild der zweiten EMS 14 jeweils ein Elementarstrahlenbündel ergeben. Vorausgesetzt ist dabei aber eine geeignete Bestrahlungsquelle 9, die in bekannter Weise in die Pupillenebenen abgebildet wird und deren Bestrahlungsquellenfläche die Pupillenebene ausfüllt und zudem die bestrahlte Ebene 4.1 ausleuchtet.

Wird wie in Fig. 5 nur eine EMS 14 eingesetzt und anstelle der zweiten EMS 14 eine mechanische Blende angeordnet, kann man ebenfalls, wie beschrieben, Elementarstrahlenbündel erzeugen, die aber nur in der Ebene der EMS 14 ihre Lage ändern können, während sie in der Ebene mit der mechanischen Blende bzw. deren Bilder fest sind.

Durch Ansteuerung mehrerer benachbarter Elemente der EMS 14 können Elementarstrahlenbündel zu einem gemeinsamen Strahlenbündel zusammengestellt werden. Durch Ansteuerung verschiedener zusammenhängender Gruppen von Elementen der EMS 14 werden

verschiedene Strahlenbündel erzeugt. Erzeugt man ein oder mehrere Strahlenbündel derart, dass sie einen zusammenhängenden funktionellen Sinn für eine Gerätefunktion ergeben, so soll diese Elementarstrahlenkonfiguration funktioneller Strahlengang genannt werden. Ein funktioneller Strahlengang kann auch nur aus einem Elementarstrahlenbündel bestehen. Die Fig. 11 bis 16b stellen Strahlenbündel dar, die zu funktionellen Strahlengängen gehören. Ein funktioneller Strahlengang wird benötigt, um Untersuchungsprinzipien zu realisieren. Die funktionellen Strahlengänge einer Netzhautkamera sind z.B. das Beleuchtungsbündel im Bestrahlungssystem 2, mit dem die Objektebene 10 beleuchtet wird und das Abbildungsbündel, mit dem die Objektebene 3.1 in die Empfängerebene abgebildet wird. (Fig. 11).

Funktionelle Strahlengänge sind z.B. u.a. Dokumentations-, Fixations-, Mess-, Prüf-, Stimulierungs- und Therapiestrahlangänge, die sich durch unterschiedliche Eigenschaften der Strahlenbündel bzw. Elementarstrahlenbündel erhalten. Solche Eigenschaften sind, wie bereits früher beschrieben, die Fokusebenen der Bündel, Geometrieform, Fläche, Anzahl, Intensität und deren Verteilung über das Bündel, spektrale Zusammensetzung und in der Pupillenebene aber auch in der Objektebene 3.1 bzw. bestrahlten Ebene 4.1. Hinzu kommt das Zeitverhalten des Bündels und Eigenschaften, die durch das gleichzeitige oder aufeinanderfolgende Zusammenwirken mehrerer Strahlenbündel innerhalb eines Systems, zwischen den Teilsystemen, zwischen dem Bestrahlungssystem 2 und dem Empfangssystem 1 entstehen. Erfindungsgemäß werden durch Ansteuerung der ansteuerbaren Einheiten, je nach Vorrichtung in unterschiedlichen Freiheitsgraden Elementarstrahlenbündel erzeugt und durch Zuweisung von Eigenschaften funktionelle Strahlengänge erzeugt. Untersuchungsablauf und funktioneller Strahlengang bestimmen die Systemparameter wie z.B. geometrische, zeitliche, fotometrische und spektrale Auflösung sowie Fehlerquellen.

Durch die hohen Freiheitsgrade der vorgeschlagenen Vorrichtungen kann man eine Vielzahl verschiedener funktioneller und noch unbekannter Strahlengänge

erzeugen, wie nachfolgend mit weiteren Ausführungsbeispielen zum erfindungsgemäßen Verfahren belegt wird. Damit sind verschiedene Untersuchungsverfahren mit einer fertigungstechnisch ausgebildeten Vorrichtung nur durch Programmierung mittels ITS 17 realisierbar. Das soll als

5 Multifunktionalität bezeichnet werden.

Die hohe zeitliche Auflösung der EMS 14, die entsprechend dem derzeitigen technischen Stand der verwendeten Bauelemente bereits mehr als 1000 Bilder pro Sekunde aufbauen können, kann man sehr schnelle Modifizierungen der funktionellen Strahlengänge zur Optimierung von Untersuchungen, aber

10 auch Funktionsabläufe sehr schnell abarbeiten oder verschiedene Untersuchungen durch schnellen Wechsel der funktionellen Strahlengänge nacheinander durchführen.

Die Vielfalt der möglichen Modifikationen der Strahlengänge und Untersuchungsabläufe innerhalb kürzester Zeit ist zudem Voraussetzung für

15 die später noch zu beschreibende funktionelle und individuelle Adaptivität und die individuelle Therapieoptimierung.

Erfindungsgemäß können gleichzeitig mehrere funktionelle Strahlengänge und parallele Untersuchungsabläufe realisiert werden. Dazu werden die

20 Eigenschaften den Elementarstrahlenbündeln bzw. Strahlengängen derart zugewiesen, dass sich die unterschiedlichen funktionellen Strahlengänge z.B. geometrisch oder farblich voneinander funktionell oder empfangsseitig über entsprechend abgestimmte Teilsysteme oder signalanalytisch bzw. durch Bildanalyse wieder trennen lassen. Aufgrund der hohen zeitlichen Auflösung

25 kann man unterschiedliche Strahlengänge z.B. auch Frequenzen kodieren, wie bereits beschrieben. Die nachfolgenden Ausführungsbeispiele zu den Verfahren bringen für diese Mehrfachstrahlengänge Beispiele.

30 Weitere Aspekte des erfindungsgemäßen Verfahrens sollen anhand von Fig. 10 erläutert werden:

Die Figur 10 zeigt schematisch den Ablauf einer Untersuchung. Wesentlich ist, dass die Programmabläufe für die Untersuchungen mittels der Vorrichtung nicht starr, sondern erfindungsgemäß mit zwei Optimierungsschleifen ablaufen, wodurch die Adaption an patientenspezifische und untersuchungsspezifische Besonderheiten möglich wird. Das Untersuchungsziel wird vorgegeben. Entsprechend dem Untersuchungsziel wird automatisch oder dialoggetrieben das jeweilige Untersuchungsprogramm ausgewählt (Programmauswahl) und abgearbeitet (Programmablauf). Das Untersuchungsprogramm ermöglicht es, wesentliche Eigenschaften der funktionellen Strahlengänge und des Untersuchungsablaufes zu ändern (Optimierung von Vorrichtung und Verfahren). Dazu werden Voruntersuchungsergebnisse oder Hilfsuntersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse automatisch ausgewertet und die als Rückkopplungssignale (patienten- oder untersuchungsspezifische Rückwirkungen) den Programmablauf und die funktionellen Strahlengänge automatisch modifizieren. (erste Optimierungsschleife). Die damit realisierbare Wirkung soll als funktionelle Adaptivität bezeichnet werden. Die Optimierungsänderungen und Ausgangsdaten werden patientenbezogen mit dem Untersuchungsergebnis gespeichert (patientenbezogene Speicherung) und können von einem wissensbasierten und lernfähigem System (Expertensystem) zur selbständigen Optimierung der Untersuchungsvorgänge genutzt werden. Erfindungsgemäß sind Mittel zur künstlichen Intelligenz in der Programmbibliothek und Datenspeicherung vorgesehen.

In einer zweiten Optimierungsschleife wird dem Bediener der Vorrichtung die Möglichkeit gegeben, direkt oder mit Unterstützung wissensbasierter lernfähiger Systeme (Programme) selbst den Untersuchungsablauf optimal auf die individuelle Fragestellung und Eigenarten des Patienten bzw. des zu untersuchenden Objektes anzupassen (Dialog Untersucher). Auch diese Optimierungsänderungen und -parameter werden mit dem Untersuchungsergebnis zusammen gespeichert, vom Expertensystem

ausgewertet und patientenspezifisch bei weiteren Untersuchungen angeboten. Die damit erreichte Wirkung soll als individuelle Adaptivität bezeichnet werden. Durch Verbindung der Untersuchungsabläufe mit einem Expertensystem kann die hohe Flexibilität der Vorrichtung und des Verfahrens erheblich besser
5 ausgenutzt werden. Dabei ist die Art des Expertensystems, sofern es lernfähig oder/ und wissensbasiert ist, von untergeordneter Bedeutung für die Erfindung. Die Realisierung der Adaptivität erfordert nicht zwingend ein Expertensystem, wird aber durch ein solches maßgeblich unterstützt.

- 10 Wie bereits erläutert, sind durch die elementweise Ansteuerbarkeit der in der Vorrichtung angeordneten EMS 14 bestrahlungsseitige und empfangsseitige dünne Elementarstrahlenbündel erzeugbar, die beliebig ein- und ausgeblendet, in Farbe und Intensität, in zeitlicher Reihenfolge, aber auch gleichzeitig, voneinander unabhängig, unterschiedlich manipuliert und
15 insbesondere den verschiedenen Strahlengängen einzeln und unabhängig voneinander zugeordnet werden können. Das ist bei konventionellen Untersuchungsgeräten bisher auch mit entsprechend aufwändigen mechanisch-optisch-konstruktiven Lösungen oder speziellen mechanisch-optischen Mitteln gar nicht oder nur in sehr begrenztem Umfang möglich.
- 20 Mechanische Lösungen sind zudem entwicklungs- und herstellungsseitig sehr teuer und störanfällig.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung wird grundsätzlich in folgenden Schritten betrieben (Untersuchungsablauf):

25

- Schritt A: Definition der Zielstellung der Untersuchung und damit der notwendigen funktionellen Strahlengänge und deren gewünschten Systemparameter und Funktion für das zu realisierende Geräteprinzip mit entsprechendem Programmaufruf (erfolgt bei der Entwicklung des
30 Gerätesystems durch Ausarbeitung der Gerätesoftware für das jeweilige Geräteprinzip).

Schritt B: Auswahl und Aufruf der Programme zur An- und Ablaufsteuerung, zur Signal- und Bildanalyse, Auswertung, Dialogbetrieb, funktionelle und individuelle Optimierung, zur patientenbezogenen Speicherung, Dokumentation und Ergebnispräsentation.

Schritt C: Programmgesteuerte Grundeinstellung · 1. Untersuchungsperiode:
Festlegung der Lage der abbildungsseitigen Objektebene 3.1 und der bestrahlten Ebene 4.1 im Auge 10 zum Ausgangszeitpunkt durch Ansteuerung der Optikeinheiten für die Scharfstellung und Fehlsichtigkeitsausgleich 7.4 und 8.4. (Diese Optikeinheiten sind gleichzeitig die Mittel zur Verschiebung der abbildungsseitigen Objektebene 3.1 und der bestrahlten Ebene 4.1 in die Tiefe des Auges 10 und ggf. zur Änderung des Abbildungsmaßstabes)
Einstellung von Lage und Geometrie der Durchstoßpunkte der Elementarstrahlenbündel der einzelnen Strahlengänge für die abbildungsseitige Objektebene 3.1 im Auge 10 durch Ansteuerung und Auslesung der Elemente der entsprechenden Empfängereinheit(en) in der zur Objektebene 3.1 konjugierten Empfängerebene 3.2 in den einzelnen empfangsseitigen Strahlengängen und/ oder durch Einstellung der Vergrößerung über die Optikeinheit 8.1.
Einstellung von Lage und Geometrie der Durchstoßpunkte der Elementarstrahlenbündel der einzelnen Strahlengänge für die bestrahlte Ebene 4.1 durch Ansteuerung der Elemente der entsprechenden EMS 14 in einer zur bestrahlten Ebene 4.1 konjugierten Ebene.
Einstellung von Lage und Geometrie der Durchstoßpunkte der Elementarstrahlenbündel der einzelnen Strahlengänge durch die Ebene der Augenpupille durch Ansteuerung der Elemente der entsprechenden EMS 14 in einer zur Augenpupille konjugierten Ebene
Zuordnung der Elementarstrahlenbündel zu funktionellen Strahlengängen und Zuweisung von den bereits beschriebenen Eigenschaften, wie z.B. Intensität,

Farbe, Polarisationsgrad, Frequenz u.a. Eigenschaften entsprechend der vorgesehenen ansteuerbaren Mittel der Anordnung
Abarbeitung der Programme zur Signal- und Bildanalyse, Auswertung, Dialogbetrieb, funktionelle und individuelle Optimierung, zur
5 patientenbezogenen Speicherung, Dokumentation und Ergebnispräsentation für die aktuelle Bearbeitungsperiode.

Schritt D: Steuerung des Untersuchungsablaufes durch Wiederholung der Perioden (Schritt C) durch Variation der Einstellung 1-5 und Realisierung von
10 Punkt 6 solange, bis der Untersuchungsvorgang abgeschlossen ist.

Wie Ansteuerungen erfolgen, ist Stand der Technik. Nachfolgend werden die erfindungsgemäßen Einstellungen und das jeweilige Grundprinzip der erfindungsgemäßen Abläufe beschrieben, die ausreichend sind, um mit Mitteln
15 des Standes der Technik verschiedene Ausführungen der Erfindung zu realisieren.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann vorteilhafterweise als **adaptive Netzhautkamera** betrieben werden. Die funktionellen Strahlengänge sind
20 schematisch in Fig. 11 dargestellt. Grundlage sind die vorangestellten Ausführungsbeispiele für die Vorrichtungen, insbesondere nach Fig. 6.

Die Hauptfunktion einer Netzhautkamera ist die Bilddokumentation für unterschiedliche Vergrößerungen, Bildfelder und Einsatzgebiete. Einsatzgebiete sind die normale Bilddokumentation im weißen oder farbigen
25 Licht, die Fluoreszenz- oder ICG-Angiografie und die Aufzeichnung von Eigenfluoreszenz.

Das Betreiben einer Vorrichtung als Netzhautkamera läuft grundsätzlich in den beschriebenen Schritten A bis D ab, die wie folgt konkreter beschrieben
30 werden können.

Die Ebenen 3.1 und 4.1. werden mittels Einstellung der Einheiten 7.1 und 8.1 bzw. 7.4 und 8.4 in die gleiche Ebene gelegt.

Als Grundeinstellung der bestrahlten Ebene 4.1 und der Objektebene 3.1 wird die Übersichtseinstellung 50° voreingestellt (Fläche B), während die empfangsseitige Fläche A geringfügig kleiner gewählt wird. Beide Flächen werden über die betreffende EMS 14 als Kreis eingestellt.

Die beleuchtungsseitigen Aperturflächen werden in diesem Fall als zwei getrennte ovale Flächen B und die empfangsseitige Apertur als mittlerer Kreis A ausgebildet.

Je nach Ausführung der Vorrichtung kann zur Dokumentation des Netzhautbildes (Fläche A) die bestrahlungsseitige Einheit alle Elemente kurzzeitig hell steuern oder anstelle der Bestrahlungsquelle 9 wird eine Blitzlampe zur Aufnahme in den Strahlengang eingeklappt.

Über den Dialogbetrieb kann der Bediener die zu dokumentierende Fläche in Stufen oder auch stufenlos (beim Vorsehen einer Zoom-Optik in 8.4 und 7.4) die Vergrößerung und den Bildfeldausschnitt wählen. Im Dialogbetrieb kann mit den SM 15 eine beliebige Farbe eingestellt werden.

Bei der nachfolgenden funktionellen Adaption wird notgedrungen auch die Ablaufsteuerung ansprechend der geänderten oder zusätzlichen Funktionen geändert.

Das klassische Netzhautkameraprinzip mit festen Blenden, festen Bildfeldern und festen Filtern (einschiebbar bzw. einklappbare vorbestimmte Filter für Farbaufnahmen, Fluoreszenz- und ICG-Angiografie) ist durch seine festen Einstellungen mit nur wenigen Einstellungen für eine erfindungsgemäße Vorrichtung realisiert.

Dagegen kann die erfindungsgemäße Vorrichtung betrieben als Netzhautkamera an die klinischen Fragestellungen beliebig angepasst werden (funktionelle Adaptivität).

Die freie Programmierbarkeit der bestrahlten Ebene 4.1 ermöglicht es, die adaptive Netzhautkamera an beliebige Empfängergeometrien anzupassen. Bei

den Netzhautkameras des Standes der Technik werden gewöhnlich runde Bildfelder benutzt, womit die wertvolle Pixelfläche der rechteckigen Empfängerflächen verloren geht.

Ein weiteres Beispiel für funktionelle Adaptivität ist die Lösung des Problems, des begrenzten Dynamikbereiches konventioneller Netzhautkameras mit elektronischer Bildgebung die dunklen Bereiche der Netzhaut (Makulabereich) und die hellen Bereiche (Sehnervenkopf) nicht gleichzeitig ausreichend aufgelöst bzw. ohne Überstrahlung in einem Bild dokumentiert werden können. Will man z.B. erreichen, dass die helle Pupille und zugleich die dunkle Foveola fotometrisch optimal aufgelöst werden, muss man wegen des begrenzten Dynamikbereiches mit bekannten Netzhautkameras verschiedene Aufnahmen unterschiedlicher Belichtung machen.

Mit der adaptiven Netzhautkamera kann man die einzelnen Flächenbereiche der Netzhaut je nach Pigmentierungsgrad unterschiedlich hell beleuchten. Die notwendige Einstellung über die beleuchtungsseitige EMS in Transmission 14.1 kann vom Untersucher unter Sichtkontrolle am Monitor manuell gesteuert werden, aber vorzugsweise wird über die Auswertung der aktuellen Bilder während der Einstellung automatisch ein Helligkeits-Korrekturbild bestimmt, das über die Elemente der EMS in Transmission 14.1 eingestellt, nahezu stufenlos die Beleuchtung im Fundusbild korrigiert und an den Dynamikbereich der Empfänger anpasst. Auf diese Weise können auch Ausleuchtungsunterschiede korrigiert werden. Das Ergebnis ist ein beleuchtungsseitig korrigiertes Bild, in dem alle Flächenelemente mit optimaler Aussteuerung des Empfängers aufgenommen sind. Erfindungsgemäß kann man im Nachhinein das helligkeitsmodulierte Bild mit dem beleuchtungskorrigiertem Bild verrechnen und ein Bild erzeugen, dessen Dynamikbereich höher ist, als der Empfänger zulässt.

Die adaptive Netzhautkamera gestattet zudem, der klinischen Fragestellung angepasst, die Tiefenschärfe beliebig und feinfühlig durch Ändern der empfangsseitigen (und bestrahlungsseitigen) Aperturöffnung zu variieren. Mittels kontinuierlich verstellbarem SM 15 sind optimale Wellenlängen für

bestimmte Erkrankungen automatisch voreinstellbar, wenn man mit der Zielstellung auch die vermutliche Diagnose eingibt, zu der über eine gespeicherte Liste (wissensbasiertes System) optimale Wellenlängen gefunden werden.

5

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die beleuchtende sowie empfangende Fläche (siehe Pfeile in Fig.11) sehr klein zu machen. Man kann auf diese Weise kleine Flächen am Augenhintergrund mit hohem Kontrast und hoher Vergrößerung dokumentieren bzw. untersuchen und die notwendige Helligkeit kann durch Aufsteuern der Elemente der EMS in Transmission 14.1 oder/ und zusätzlich durch Aufsteuern der Aperturöffnungen von empfangs- und bestrahlungsseitigem Strahlengang erfolgen. Auf diese Weise ist erfindungsgemäß ein Bildfeldscanner realisierbar. Die kleinen Bildfelder können entweder nacheinander oder gleichzeitig am Empfänger ausgelesen werden. Nacheinander erzeugte Bilder können mit den Koordinaten eines Folgesystems (siehe weiter unten) automatisch zu extrem hochaufgelösten Panoramabildern zusammengesetzt werden. Derartige hochaufgelöste Bilder könnte man mit konventionellen Kameras aus Lichtbelastungsgründen nur über Bildmontage erstellen. Verkleinert man die Flächen bis zu einem Element, erhält man einen konfokalen Scanner mit konventioneller Lichtquelle. Die Ablaufsteuerung muss dazu realisieren, dass die Auslesung der Empfängerelemente in ihrem zeitlichen Ablauf so gesteuert wird, dass sich die bestrahlten Flächen in der bestrahlten Ebene 4.1 mit der abgescannten Fläche in der Objektebene 3.1 stets exakt überdecken oder je nach erstelltem Scannerbild eine definierte Lage zur beleuchteten Fläche haben. Durch eine Änderung des Untersuchungsablaufes (funktionelle Adaptivität) kann man aber auch die Lage der Fokusebene des Bestrahlungs- und Empfangssystems 2 und 1 gleichmäßig in die Tiefe ändern und kann damit topologische Informationen gewinnen und verschiedene Schichten in der Tiefe untersuchen. Andererseits kann man auch nur einen Lichtschnitt bestrahlungsseitig erzeugen, der empfangsseitig entlang des Strahlbündels im Auge 10 abgetastet wird. Wird

10

15

20

25

30

die Lage der in die Objektebene 3.1 abgebildeten Empfängererelemente nicht auf die beleuchteten Flächen in der bestrahlten Ebene 4.1 gelegt, kann man Untersuchungen im regredienten Licht durchführen. Diese Untersuchungen können gleichzeitig zum Lichtscanner durchgeführt werden.

5

Als weiteres Beispiel für die funktionelle Adaptivität der Vorrichtung soll diese **als adaptive Netzhautkamera zur Stereodokumentation der Netzhaut** betrieben werden. Hierfür vorteilhaft nutzbar ist eine Vorrichtung nach Fig. 6, dessen Empfangssystem 1 entsprechend Fig. 8c in die Teilsysteme 1.1 und 1.2 aufgetrennt ist. Die funktionellen Strahlengänge sind schematisch in Fig. 12 dargestellt.

10

Bisher wurden in konventionellen Netzhautkameras bei Stereoaufnahmen die meist mittigen Aperturöffnungen (siehe Fig. 11, A) mittels Umlenkeinheit nur geteilt. Der Nachteil ist eine sehr kleine Stereobasis. Mit der adaptiven Netzhautkamera zur Stereodokumentation der Netzhaut werden durch Ansteuerung des empfangsseitigen EMS 14 die Aperturöffnungen A1 und A2 (siehe Fig. 12) jeweils für einen der Stereostrahlengänge erzeugt. Zur funktionellen Optimierung können Flächengröße und der Abstand der Pupillen A1 und A2 beliebig modifiziert werden.

15

20

Als Beispiel für die funktionelle Adaptivität und programmtechnische Realisierung von Mehrfachstrahlengängen soll die Erzeugung eines zusätzlichen Strahlenganges, eines Fixationsstrahlenganges beschrieben werden. Die als Fixationsmarke definierten Elemente beliebiger Geometrie werden z.B. mit besonderen vom Patientenauge wahrnehmbaren Eigenschaften belegt. Eine solche Eigenschaft kann z.B. das Blinken der definierten Elemente innerhalb der sichtbaren bestrahlten Fläche 4.1 sein, die Marke kann auf dunklem Hintergrund einfach durch Intensitätsunterschiede dargestellt werden oder es kann ihr eine vom Umfeld abhebbare Farbe zugeordnet werden. Im Dialogbetrieb oder bei Vergleichsuntersuchungen aus dem Speicher erfolgt die Eingabe der gewünschten Fixationskoordinaten bzw.

25

30

der gewünschten Fixationsmarkenbewegung. In Fig. 13 sind Strahlenbündel für eine Vorrichtung betrieben als **Bildfeldscanner mit Fixationsstrahlengang** dargestellt.

- 5 Ein weiteres Problem konventioneller Netzhautkameras ist die Scharfstellung der Netzhautaufnahmen, insbesondere während angiografischer Aufnahmen. Die erfindungsgemäße Realisierung von Mehrfachstrahlengängen und der möglichen schnellen Änderung der Funktionalität erlaubt die kontinuierliche Kontrolle des Scharfstellzustandes, indem programmtechnisch gleichzeitig oder
- 10 nacheinander zwischen den Aufnahmen z.B. nach dem Prinzip der Scheiner'schen Blenden die Lage der Fokusebene bestimmt und ggf. über die Optikeinheiten 7.1 und 8.1 automatisch nachgestellt werden. Der funktionelle Strahlengang der Scheiner'schen Blenden realisiert gleichzeitig ein **Refraktometer**, das auch als selbständige Untersuchungsfunktion ausgeführt
- 15 werden kann. Dazu müssen wiederum nur programmtechnisch die Strahlenbündel mit den beiden notwendigen strahlungsseitigen Öffnungsblenden erzeugt werden, während der Empfänger die Signale bzw. Bilder liefert, die signal- oder bildanalytisch bezüglich der erfolgten Überdeckung (Änderung des Fehlsichtigkeitsausgleiches) oder des Abstandes
- 20 der Scheiner'schen Strahlenbündel am Augenhintergrund bewertet werden. Auch ein derartiges Refraktometer wäre funktionell sehr adaptiv, indem sowohl die Scheiner'schen Blendenöffnungen als auch deren Lage in der Augenpupille, deren Abstand zueinander und deren Zahl programmtechnisch einstellbar sind. Letztlich lassen sich damit auch funktionelle Strahlengänge
- 25 zur Untersuchung von Abbildungsfehlern des Auges realisieren. (**Abberometer**)

Die funktionelle Adaptivität der Vorrichtung erlaubt auch die Durchführung von **Fluoreszenzuntersuchungen**. In diesem Fall kann mit den SME 15, als ansteuerbare durchstimbare Filter ausgeführt (Fig. 7), einerseits jede

30 beliebige Erreger- und Sperrfilterkombination im Rahmen einer durchstimbaren Wellenlänge eingestellt werden, während die

Öffnungsblenden von Bestrahlungs- und Empfangsstrahlengang überdeckend (siehe Fig. 14) angeordnet und sehr groß gemacht werden können. Die Pupillengröße kann dann wieder als Kompromiss aus fotometrischer, geometrischer, zeitlicher und spektraler Auflösung eingestellt werden. Damit
5 ist man konventionellen Netzhautkameras nicht nur bezüglich der festen Erreger-Sperrfilterkombinationen im Vorteil, sondern auch bezüglich der freien Wahl der Optimierungskriterien und der günstigeren Situation bezüglich der Lichtausbeute.

Insbesondere für die Untersuchung der Eigenfluoreszenz bietet die Erfindung
10 mit wahlfreien Erreger-Sperrfilterkombinationen gravierende Vorteile gegenüber den begrenzten Möglichkeiten konventioneller Kameras.

Neben der hohen funktionellen Adaptivität weist die erfindungsgemäße Vorrichtung in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine hohe
15 individuelle Adaptivität auf.

Die erreichbare Bildqualität ist nicht nur von der Fragestellung und der damit verbundenen Modifizierung der Untersuchungstechnik abhängig, sondern wird maßgeblich, gerade bei kranken Personen, von den individuellen
20 Gegebenheiten am Patientenauge bestimmt. So z.B. ist bekannt, dass die Auflösung des Auges 10 individuell sehr unterschiedlich von der Apertur des abbildungswirksamen Strahlenbündels, von der Lage der Öffnung auf der Hornhaut und vom Strahldurchgang durch das Auge 10 abhängig ist. Im Weiteren können Trübungen die Dokumentation von Netzhautbildern mit
25 konventionellen Netzhautkameras völlig unmöglich machen.

Durch die beliebige Steuerbarkeit und schnelle Schaltbarkeit der Pupillenöffnungen in ihrem Durchmesser und auch bezüglich ihrer Lage in der Augenpupille kann mit der Erfindung die Einstellung von Pupillengrößen, Pupillenlage und Bildfeldgrößen, optimalem Kontrast und Auflösung erreicht
30 werden und auch bei schwierigen Fällen können noch Fundusabschnitte mit verwertbaren Ergebnissen dokumentiert werden. Erfindungsgemäß kann mit

der Abstimmung der Öffnungsdurchmesser der empfangs- und bestrahlungsseitigen Pupille eine individuelle Optimierung von Lichtbelastung, Kontrast, Auflösung, Bildfeld, fotometrische und zeitliche Auflösung erreicht werden. Wie bereits beschrieben, können auch die Wellenfronten modifiziert werden (Wellenfrontkorrektur) und somit die erreichbare Auflösung erhöht werden. Die erfindungsgemäßen Lösungen ermöglichen auch die Realisierung von Prinzipien zur Messung der Wellenfrontdeformation.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann vorteilhafterweise als **Lichtscanner** betrieben werden. Die funktionellen Strahlengänge sind schematisch in Fig. 15 dargestellt.

Die bekannten konventionellen Scanner tasten den Augenhintergrund mit Laserlicht ab. Der Vorteil besteht in kontrastreichen Aufnahmen aus verschiedenen Ebenen. Ein wesentlicher Nachteil ist dabei der Verlust der Farbinformation. Auch drei weitere Laserwellenlängen würden lediglich ein scheinbares Farbbild erzeugen, da die Abtastung nach wie vor nur mit einem sehr schmalbandigen Spektrum erfolgt. Wesentliche Information, die in spektralen Veränderungen verschiedener Wellenlängenbereiche liegen, gehen auch bei drei schmalbandigen Abtaststrahlen verloren.

Das Betreiben einer Vorrichtung als Lichtscanner läuft grundsätzlich in den beschriebenen Schritten A bis D ab, die wie folgt konkreter beschrieben werden können.

Die Ebenen 3.1 und 4.1. werden mittels der Optikeinheiten 7.4 und 8.4 in die gleiche Ebene gelegt.

Die Grundeinstellung des bestrahlten (beleuchteten) Feldes am Augenhintergrund wird auf minimale Größe (Elementgröße) für das bestrahlungsseitige Bündel reduziert. Die empfangsseitige Fläche wird vorzugsweise gleich der strahlungsseitigen Fläche bezogen auf die Ebenen 3.1 und 4.1 eingestellt.

Je nach Betriebsart werden die bestrahlungsseitigen oder die empfangsseitigen Aperturflächen mittig oder außermittig gelegt. Die Pupillenfläche wird an Anlehnung an die Netzhautkamera voreingestellt. Je nach Betriebsart können auch zwei beleuchtungsseitige Strahlenbündel eingesetzt werden, die sich definitionsgemäß in der Ebene 3.1 bzw. 4.1 treffen müssen. (Fig. 15)

Durch Ansteuerung der zu den Ebenen 3.1 und 4.1 konjugiert stehenden EMS in Transmission 14.1 bzw. des Empfängers werden die Abtastflächen im Schnittpunkt aller Bündel über die Ebene bewegt. Mittels der Optikeinheiten 8.4 und 7.4 wird die abzutastende Ebene in der Tiefe verstellt, um Bilder aus verschiedenen Schichten zu erhalten. Durch die Elemente der Empfänger, konjugiert stehend zu den Elementen einer bestrahlungsseitigen EMS in Transmission 14.1, werden konfokale Verhältnisse geschaffen.

Auch in diesem Fall können die abbildungswirksamen Strahlengänge entsprechend der Fragestellung durch einen Kompromiss zwischen geometrischer, fotometrischer und zeitlicher Auflösung, Lichtbelastung und Bildfeld optimiert werden, indem die Lage, Größe und Form der Flächen der Strahlengänge in der Augenpupille ebenso wie die beleuchteten und empfangenen Flächenelemente im Auge optimal eingestellt werden. Der nicht abbildungswirksame Strahlengang kann abgesehen von einem kleinen Sicherheitsabstand nahezu den gesamten Augenpupillenbereich nutzen. Mit den SM 15, als ansteuerbare durchstimmbare Filter, kann man im Fluoreszenzmodus oder normalen Abtastmodus arbeiten und verschiedene Wellenlängen zur Abtastung einstellen.

Wiederum lässt sich auch dieser adaptive Lichtscanner mit weiteren Strahlengängen zum Messen, Dokumentieren und Stimulieren verbinden.

Je nach gewünschten abbildenden Eigenschaften kann man z.B. den Empfänger wechseln. Z.B kann man anstelle der EMS als Empfänger 14.4 in der Empfängerebene vorzugsweise eine EMS in Transmission 14.1 einsetzen und setzt einen Fotovervielfacher dahinter, der das gesamte durchgeschaltete Licht, als Signale mit hoher Empfindlichkeit registriert. Vorzugsweise könnte

man in diesem Fall auch mit Spiegelarrays (EMS in Reflexion 14.2) arbeiten. Analog zum bekannten SLO wird das Signal anschließend zum Bildausschnitt wieder zusammengesetzt. Je nach gewünschter Betriebsart kann man mit einem Empfängerarray als auch mit einem Fotoempfänger durch geeignete

5 Ansteuerung neben den bestrahlten Netzhautflächen auch das remittierte Licht benachbarter Netzhaut zu einem Bild zusammenfassen.

Durch die funktionelle Adaptivität des Gesamtsystems kann man vorzugsweise Bilder mit Einstellungen als Netzhautkamera erstellen und nach einer Vorauswahl kleinere Netzhautbereiche scannend untersuchen.

10 Zur Ausschaltung von verzerrenden Einflüssen werden vorzugsweise gleichzeitig zusätzlich Infrarotaufnahmen erzeugt, aus denen die augenbewegungsbedingten Verschiebungskordinaten zwischen zwei Scan-Positionen gebildet werden. Diese Verschiebungskordinaten werden rückkoppelnd zur Korrektur von Augenbewegungen über Korrektur der

15 Scanbewegungen bzw. zur Korrektur bei der Zusammensetzung des Bildes benutzt.

An Hand der Fig. 16a und 16b sollen die Strahlenbündel beschrieben werden, wie sie zur Betreibung einer Vorrichtung als Gerätesystem für das

20 **Funktionsimaging der Netzhaut** vorteilhaft erzeugt werden.

Unter dem Retinalen Funktionsimaging soll die Darstellung von Messergebnissen zu Funktionskenngößen zugeordnet zu den Strukturen der Netzhaut verstanden werden, wobei die Messergebnisse bzw. die Mess- oder Prüfgrößen die Funktionen des Stoffwechsels oder des Sehens oder der

25 Mikrozirkulation (Mikrodurchblutung) eindeutig beschreiben können. Zum Stand der Technik gehören verschiedene Messsysteme zur Erfassung von Stoffwechsel, Mikrozirkulation oder Sehfunktion, die durch nachträgliche Modifikation bekannter Netzhautkameratechnik aufgebaut werden. Die messtechnischen Eigenschaften werden durch den Grundaufbau

30 konventioneller Netzhautkamas fertigungstechnisch bzw. konstruktiv starr

begrenzt, wodurch insbesondere keine Anpassung an die individuellen Besonderheiten der Patientenaugen möglich ist.

Die nachfolgende Ausführung des Verfahrens in Verbindung mit einer Vorrichtung soll stellvertretend für adaptive Systeme zum Funktionsimaging und für Meß- und Prüfsysteme für das Auge 10 stehen.

Für das Funktionsimaging benötigt werden als funktionelle Strahlengänge vorzugsweise ein Dokumentationsstrahlengang, ein Fixationsstrahlengang, ein Stimulierungsstrahlengang, ein Mess- bzw. Prüfstrahlengang sowie ein augenfolgender Strahlengang, obwohl bereits ein Messsystem allein mit dem Mess- und Beobachtungsstrahlengang zur Einstellung des Messortes und zur Messung eingeschränkt im Sinne der Erfindung funktionsfähig wäre.

Die Objektebene 3.1 und die bestrahlte Ebene 4.1. werden in die gleiche Ebene gelegt.

Die bestrahlte Ebene 4.1 wird, ähnlich der adaptiven Netzhautkamera, vorzugsweise mit den EMS in Transmission 14.1 und dem SM 15, als ansteuerbarer durchstimmbarer Filter, im Teilsystem 2.2 eingestellt. (s. Fig. 7 und 9a). Die bestrahlte Fläche im Auge 10 wird zunächst zur Übersicht auf die maximal mögliche Fläche gelegt und erscheint als Kreis, während die empfangsseitige Fläche in der Objektebene 3.1 in die bestrahlungsseitige Fläche des Teilsystems 2.2 gelegt wird. Die maximale Empfängerfläche der EMS als Empfänger 14.4 wird nur geringfügig kleiner als die bestrahlungsseitige Fläche eingestellt. Mit dem Teilsystem des Bestrahlungssystems 2.3 wird gleichzeitig eine Infrarotbeleuchtung in der bestrahlten Ebene 4.1 erzeugt, die den maximalen Bildfeldbereich als Kreis ausleuchtet. Dafür soll eine körperliche Blende in der zu 4.1 konjugierten Ebene 4.2 des Strahlenganges 2.3 angeordnet sein. Der Infrarotanteil wird dem bereits beschriebenen bestrahlten Feld am Auge 10 überlagert.

Im Weiteren wird ein Fixationsstrahlengang durch Einstellung der EMS in Transmission 14.1 im Teilsystem 2.1 erzeugt. Es wird eine sichtbare Marke programmiert. Die Eigenschaften des Fixationsstrahlenganges werden

angepasst an die Untersuchung z.B. in der Flickerlichtfarbe blau gewählt (Ansteuerung der SME 15 in 2.1).

Die beleuchtungsseitigen Aperturflächen werden in diesem Fall zunächst als ovale Flächen (B) ausgebildet. Im vorliegenden Fall werden alle
5 bestrahlungsseitigen Strahlungsanteile durch diese Aperturöffnung in das Auge 10 treten.

Die empfangsseitige Apertur wird als mittiger Kreis ausgeführt.

Der elementweise (pixelweise) unabhängig ansteuerbare Empfänger 14.4 des Teilsystems 1.1 wird auf Empfang des gesamten Bildes der Objektebene 3.1
10 geschaltet. Der Infrarotstrahlengang ist spektral geblockt. Während der Messung wird zudem der SM 15 dieses Teilsystems so eingestellt, dass nur das Messlicht (kein Flickerlicht und kein Fixationslicht) den Empfänger erreicht. Der Infrarotempfänger wird ebenfalls auf Empfang geschaltet.

Der Untersucher kann wahlweise das Infrarotbild oder das Bild im visuellen
15 Spektrum zur nachfolgenden Einstellung benutzen. Die Lage der Fixationsmarke ist durch den Untersucher steuerbar. Mit dem Bild kann der Untersucher die Einstellung des zu untersuchenden Fundusbereiches vornehmen. Parallel dazu wird das Infrarotbild durch die ITS 17 mit einem softwareseitigen Augenfolger ausgewertet, der die augenbewegungsbedingten
20 Verschiebungskoordinaten zwischen den Bildern in Echtzeit liefert.

Der Untersucher markiert das Messfenster im Dialogbetrieb z.B. mit der Maus und bekommt das Messfenster auf dem Monitor überlagert zum Netzhautbild angezeigt. Die EMS in Transmission 14.1 im Teilsystem 2.2 erhält die Koordinaten des Messfensters und schaltet zur Reduzierung der Lichtbelastung
25 alle anderen Bereiche außerhalb des Messfensters dunkel. Gleichzeitig wird die notwendige spektrale Abstimmung des Messlichtes mittels Ansteuerung der SM 15 vorgenommen. Der online Messvorgang, z.B. die Analyse der Gefäßabschnitte im Messfensterbereich, wird gestartet und durch Mess- und Auswerteprogramme realisiert. Dazu wird die EMS als Empfänger 14.4 derart
30 angesteuert, dass sie nicht mehr die Elemente des gesamten Bildes, sondern nur noch die der Messfläche ausliest und übergibt. Gleichzeitig werden die

augenbewegungsbedingten Verschiebekoordinaten des ebenfalls in Echtzeit arbeitenden Augenfolgerprogrammes benutzt, um die Lage der Messflächen zu korrigieren. Der Untersucher sieht, wie das Messfenster im Bild mit den Augenbewegungen mitläuft.

- 5 **Funktionskenngrößen** für das Funktionsimaging erhält man insbesondere dann, wenn man eine Funktion der Netzhaut stört oder in Anspruch nimmt. Das kann man unter anderem durch verschiedene Stimulierungsreize mit Licht erreichen, was aus der Elektrophysiologie am Auge 10 hinreichend bekannt ist. Derartige Stimulierungsmöglichkeiten sind mit konventionellen Kameras gar nicht oder nur sehr beschränkt realisierbar. Erfindungsgemäß kann man zur Funktionsprüfung oder Störung beliebige zeitliche, farbliche, geometrische Muster oder Objekte statisch oder bewegt einfach durch Programmierung erzeugen. Um während der Messung Stimulierungsreize zu setzen, wird beispielsweise in diesem Fall die Einheit 14.1 des Teilsystems 2.1 zusätzlich
- 10 zum Fixationsstrahlengang auch zur Erzeugung des Stimulierungsstrahlenganges angesteuert. Zur Funktionsdiagnostik des Gefäßsystems soll beispielsweise eine runde Fläche unterhalb der Makula mit blauem Licht und mit 13 Hz für 10s geflickert werden. Dazu werden die Elemente der Flickerfläche auf und zugesteuert, wogegen der
- 15 Fixationsstrahlengang unabhängig vom Flickerlicht fortbesteht. Die zum Zeitpunkt der hellgesteuerten Flickerfläche vorhandenen Strahlengänge sind in Fig. 16a und 16b dargestellt. Wie auch die Messfläche wird die Flickerfläche durch den Augenfolger den Augenbewegungen nachgeführt.
- 20 Nach erfolgter Aufzeichnung der Flickerantwort der gewünschten Gefäßabschnitte durch den Messvorgang wird zur Dokumentation von Netzhautbild, Messfensterlage und Flickerflächenlage die erfindungsgemäße Vorrichtung wie eine Netzhautkamera geschaltet, wobei aber die Mess- und Flickerfenster farblich oder intensitätsmäßig im Bild hervorgehoben werden. Im Hintergrund werden Mess- und Flickerfenster bis zum Abschluss der
- 25 Dokumentation weiter nachgeführt. Die Messergebnisse werden bezüglich der Funktionskenngrößen ausgewertet und die Funktionskenngrößen werden im
- 30

Bild vom Augenhintergrund grafisch präsentiert. Damit kann sich der Arzt einen schnellen Überblick über Funktionseinschränkungen verschaffen.

Für komplizierte Mess- und Prüfvorgänge kommen die Vorteile der hohen funktionellen und individuellen Adaptivität des erfindungsgemäßen Systems

- 5 besonders zum Tragen. Mit den bisherigen Verfahren auf der Basis bekannter Netzhautkameras wären die beschriebenen Messungen nicht möglich. Allein die Realisierung der vielen parallelen Strahlengänge hätte erheblichen Aufwand zur Folge. Die erfindungsgemäße funktionelle Adaptivität des Systems ermöglicht durch Beschränkung der Beleuchtung auf das Messfenster
- 10 eine gravierende Reduzierung der Lichtbelastung insbesondere bei längeren Mess- oder Prüfzeiten. Die Einschränkung der zu verarbeitenden Empfängerpixel auf das Messfenster reduziert die Zeiten für die Bild- und Signalanalyse drastisch und ermöglicht erst Echtzeituntersuchungen z.B. zur Gefäßanalyse beim derzeitigen Stand der PC-Technik. Der gleichzeitige
- 15 Augenfolger reduziert Messfehler durch Lagekorrektur des Messfensters und erhöht die messtechnische Auflösung über den Ort. Die Wirkung des Augenfolgers kann als individuelle Adaptivität betrachtet werden, da die Messung nunmehr die individuell sehr streuenden augenbewegungsbedingten Fehlereinflüsse des Auges erheblich reduzieren kann. Gleichzeitig kann man
- 20 nunmehr die Pupillenlagen und Größen entsprechend den individuellen Anforderungen an die Helligkeit des Bildes, an das Auflösungsvermögen, an die Schärfentiefe und auch in Abhängigkeit von den individuellen Eigenschaften des Auges 10 optimieren. Die Adaptivität kann weiter erhöht werden, wenn die Messfenster mit eigenen Strategien entsprechend der
- 25 ärztlichen Zielstellung selber ihr Ziel suchen, und den möglicherweise nicht immer im Bild erkennbaren Veränderungen folgen. Im Falle der Untersuchung des Gefäßsystems können ein oder mehrere Messfelder automatisch den Gefäßen folgen und das ganze Gefäßsystem analysieren.

- 30 Weitere Strahlengänge sind gleichzeitig oder nur temporär erzeugbar wie z.B. weitere Messfenster mit anderen Messprinzipien, Refraktionsmessungen, die

Überwachung und Korrektur von Verschiebungen des Gerätesystems gegen das Auge, die Anpassung der Pupillenlagen an ein hängendes Lid, an unterschiedliche Akkomodationszustände oder individuell große oder kleine Pupillendurchmesser (freier Durchmesser der Iris des Auges) und die
5 Realisierung optimaler Systemparameter.

Eine weiteres vorteilhaftes Betreiben der Vorrichtung kann als **Nonmydriatic-Kamera** erfolgen.

10 Die Hauptfunktion einer Nonmydriatic-Kamera ist die Netzhautdokumentation bei enger Pupille. Die Adaptivität der erfindungsgemäßen Lösungen ermöglicht auch diese Funktion durch programmtechnische Einstellung der Vorrichtung. Günstig ist hier die Ausführung der Vorrichtung gemäß Fig. 7, wobei das Bestrahlungssystem 2 entsprechend Fig. 8a und das Empfangssystem 1
15 entsprechend Fig. 8b in Teilsysteme aufgetrennt ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Programmierung einer Nonmydriatic-Kamera läuft in den eingangs definierten Schritten ab.

20 Festlegen der Lage der Ebenen 3.1 und 4.1 in der Tiefe des Auges 10 :

Die Bildfelder 3.1 und 4.1. werden mittels Einstellung der Optikeinheiten 7.1 und 8.1 bzw. 7.4 und 8.4 in die gleiche Ebene gelegt.

25 Einstellen der Lage und Form der bestrahlten und empfangenen Flächen der Ebenen 3.1 und 4.1 :

Die Grundeinstellung des bestrahlten (beleuchteten) Feldes am Augenhintergrund wird auf die gewünschte Feldgröße gestellt. Die empfangsseitige Fläche (Objektfeld A) wird geringfügig kleiner als das bestrahlte Feld eingestellt. Vorzugsweise werden die bestrahlungsseitigen
30 Flächen, die über beide Einheiten EMS in Transmission 14.1 für Infraroteinstellung und Dokumentation vorgesehen sind, gleich ausgeführt.

Die Nonmydriatic-Kamera wird angesteuert und deren Bilder werden über einen Monitor zur Beobachtung des Netzhautausschnittes ausgegeben.

Einstellen der Lage und Form der Aperturflächen in der Augenpupille (Ebenen 3.1 und 4.1) :

Die bestrahlungsleuchtungsseitigen Aperturflächen werden ähnlich der adaptiven Netzhautkamera beispielsweise als zwei ovale Flächen (B) ausgebildet. Die empfangsseitige Apertur als mittiger Kreis. (Fig. 11)

Der erste funktionelle Strahlengang ist die erzeugte Infrarotbeleuchtung und die Infrarotabbildung durch die Teilsysteme 2.3 und 1.3, die die Infrarotbilder für den Untersucher auf einen Monitor bringen und zur Einstellung dienen.

Ablaufsteuerung

Zur Einstellung wird als Beleuchtung im zweiten bestrahlungsseitigen Strahlengang infrarotes Licht eingestellt. Über das Teilsystem 2.1 und 1.1 werden weitere funktionelle Strahlengänge erzeugt, die der Blitzbeleuchtung und Abbildung im visuellen Spektrum dienen, wobei mittels SM 15 die zur Dokumentation gewünschte Farbe eingestellt werden kann. Die zur Dokumentation gewünschte Farbe wird mittels ansteuerbaren durchstimbaren Filter eingestellt.

Vorzugsweise wird über den bestrahlungsseitigen Strahlengang ein Fixationsstrahlengang programmtechnisch erzeugt, wie bereits beschrieben.

Vorzugsweise wird zusätzlich über den infraroten zweiten bestrahlungsseitigen Strahlengang im Wechsel mit dem Infrarotbild die Lage der Fokusebene, wie bereits schon beschrieben, bestimmt und über die Einheiten 8.4 und 7.4 automatisch für die Empfänger und die bestrahlungsseitigen Ebenen korrigiert.

Nach erfolgter Einstellung erfolgt die Aufnahme mit der EMS als Empfänger 14.4 oder einem CCD- Empfänger 13.1. Dazu werden die Elemente der EMS in Transmission 14.1 des Infrarotstrahlenganges im zweiten bestrahlungsseitigen Teilsystem 2.2. für den Strahlengang gesperrt und die Elemente der EMS in Transmission 14.1 des Dokumentationsstrahlenganges im ersten

bestrahlungsseitigen Teilsystem 2.1 blitzartig durchgeschaltet oder für einen zusätzlichen Blitzstrahlengang freigeschaltet. Das Bild wird ausgelesen, angezeigt und gespeichert. Das zweite Teilsystem steht für weitere funktionelle Strahlengänge zur Verfügung, so z.B. zur Refraktionsbestimmung oder zur Realisierung eines Fixationsstrahlenganges.

Funktionelle und individuelle Adaptivität:

Die funktionelle Adaptivität zeigt sich in den zusätzlich realisierbaren Strahlengängen zur Fixation und zur automatischen Scharfstellung. Individuell kann die Bildqualität analog zur adaptiven Kamera optimiert werden.

10

Eine weiteres vorteilhaftes Betreiben der Vorrichtung kann über die Einkopplung eines **adaptiven Therapiestrahlanges** erfolgen.

15 Die Kombination von Therapiestrahlangang mit bildgebenden oder messenden bzw. prüfenden oder stimulierenden Verfahren hat gravierende Bedeutung, da sie wesentliche Voraussetzungen für eine individuell gesteuerte und optimierte Therapie schafft. Der Stand der Technik ist bestimmt durch gesonderte Therapiegeräte für den Augenhintergrund, die zumeist an Spaltlampen
20 gekoppelt werden und bei denen die Strahlführung derzeit ausschließlich manuell durch den Arzt geführt wird. Die Trennung zwischen dem Bild vom Augenhintergrund und dem Therapiegerät bringt weitere wesentliche Nachteile.

Die erfindungsgemäße Lösung zu adaptiven Therapiestrahlangängen soll die
25 Nachteile des Standes der Technik beheben. Günstig verwendet man hier das Ausführungsbeispiel für eine Vorrichtung gemäß Fig. 7, wobei das Bestrahlungssystem 2 entsprechend Fig. 9a und Fig. 9b und das Empfangssystem 1 entsprechend Fig. 8b in Teilsysteme aufgetrennt wird. Vorzugsweise wird als Strahlteiler 12 wird ein Microspiegelarray als EMS in
30 Reflexion 14.2 in einer zur Augenpupille konjugierten Ebene verwendet, dessen Elementarspiegel einzeln und unabhängig voneinander bezüglich ihrer

Winkelverstellung kontinuierlich in x und y - Richtung verstellbar sind. Die x-y-Verstellung ist auch durch zwei nur in eine Richtung ablenkende Microspiegelarrays erreichbar, die ineinander mit zueinander senkrechter Ablenkrichtung abgebildet werden. Der parallele Laserstrahl ist somit durch die Ansteuerung der Elemente der zweiten EMS in Transmission 14.2 und des Klappspiegels 8.6 in alle Punkte eines Bildfeldebereiches in der bestrahlten Ebene 4.1 im Auge 10 fokussierbar.

Der Strahlengang wird mittels eines vorzugsweise halbdurchlässigen Klappspiegels 8.6 in den Bestrahlungsstrahlengang eingespiegelt.

Des Verfahren läuft wie folgt ab:

Festlegen der Lage der Ebenen 3.1 und 4.1 in der Tiefe des Auges 10 :

Die Objektebene 3.1 und die bestrahlte Ebene 4.1. werden mittels Einstellung der Einheiten 7.1 und 8.1 bzw. 7.4 und 8.4 in die gleiche Ebene gelegt.

Einstellen der Lage und Form der bestrahlten und empfangenen Flächen der Ebenen 3.1 und 4.1 :

Die Grundeinstellung für die funktionellen Strahlengänge des bestrahlten (beleuchteten) Feldes am Augenhintergrund werden ähnlich einer Netzhautkamera durch die EMS 14 in den Teilsystemen 2.1 und 1.1. eingestellt. Zusätzlich werden die Infrarotstrahlengänge als weitere funktionelle Strahlengänge zur Korrektur von Augenbewegungen aktiviert. Der Augenhintergrund wird zur Übersichtseinstellung auf ein Bildfeld von 50° gelegt (Fläche B), während die empfangsseitige Fläche (A) geringfügig kleiner gewählt wird. Beide Flächen sind ein Kreis. Entsprechend Fig 9a und 9b sind die zusätzlichen bereits beschriebenen Vorrichtungen für die Erzeugung von Therapiestrahlangängen als temporäre weitere Funktionsstrahlengänge vorgesehen. Dem Bild der bestrahlten Ebene 4.1 überlagert sich das Bild des bestrahlungsseitigen zweiten Strahlenganges sofern benutzt und der Laserfokus des dritten Teilsystems 2.3.

Einstellen der Lage und Form der Aperturflächen in der Augenpupille (Ebenen 3.1 und 4.1) :

Die bestrahlungsseitigen leuchtungsseitigen Aperturflächen werden in diesem Fall als zwei ovale Flächen B ausgebildet. Die empfangsseitige Apertur wird als
5 mittiger Kreis ausgebildet. (Fig. 11)

Diesen Aperturöffnungen überlagern sich Aperturöffnungen der Therapiestrahlenbündel der parallelen Teilsysteme 2.2 und/oder 2.3

Ablaufsteuerung

10 Die Vorrichtung wird vorzugsweise zunächst wie eine adaptive Kamera oder wie ein System zum Funktionsimaging gesteuert. Nach erfolgten Untersuchungen und Befunddokumentationen können die zu therapierenden Netzhautbereiche im Bild markiert werden oder es werden Kriterien für örtliche Untersuchungsergebnisse angegeben, die bestimmte örtliche Bereiche als
15 therapeutische Bestrahlungsgebiete vom Arzt definiert festlegen. Im letzteren Fall kann mittels ITS 17 die automatische Suche mittels verschiedener Untersuchungstechniken nach diesen Gebieten erfolgen. Werden derartige Netzhautbereiche erkannt, wird der Koagulationsbereich oder Bestrahlungsbereich für den Untersucher markiert, der dann die Therapie
20 auslöst und ggf. unterbrechen kann. Erfindungsgemäß sind mit den vorgeschlagenen Lösungen zwei Therapieformen realisierbar, die Koagulation wie z.B. bei Netzhautablösungen und diabetischer Retinopathie (auch unterschwellige Koagulation) und die Bestrahlung wie im Falle der Photodynamischen Therapie (PDT). Das Teilsystem 2.3 ist vorzugsweise für
25 die Koagulation vorgesehen, während das Teilsystem 2.2 zusätzlich zur Einkopplung eines Laserstrahlenganges vorzugsweise für die PDT vorgesehen ist.

Die Therapie kann automatisch oder manuell gesteuert erfolgen, indem die Klappspiegel 8.6 die betreffenden Strahlengänge einspiegeln und der
30 kontinuierliche AMD-Laser eingeschaltet (PDT) oder der Laserblitz zur Koagulation ausgelöst wird.

Funktionelle und individuelle Adaptivität

Eine funktionelle Adaptivität wird wiederum realisiert durch die hohen Freiheitsgrade zur Einstellung von Systemparametern und Variation der Therapiestrahlangänge und durch die programmtechnische Realisierung im Unterschied zum Stand der Technik, da allein programmtechnisch gesteuert verschiedene zusätzliche Untersuchungsvorgänge bzw. funktionelle Strahlengänge wie spektrale Messungen, Durchblutungsmessungen, Methoden des Funktionsimaging, Erzeugung eines Fixationsstrahlenganges, Fluoreszenzangiografie u.a., die als Einstellhilfen zur Diagnose und insbesondere zur örtlich definierten Therapieindikation in kürzester Zeit an einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ablaufen können und deren Ergebnisse erfindungsgemäß direkt als Rückkopplungssignale zur Steuerung des Behandlungsablaufs zur Änderung bzw. Einstellung der Systemparameter der Therapiestrahlangänge entsprechend den individuellen Besonderheiten des Patienten verwendet werden.

Im Weiteren können weitere Strahlengänge gleichzeitig oder nacheinander erzeugt werden, wie automatische Scharfstellung, Fixationsstrahlengang aber auch die Kontrolle und Korrektur von Augenbewegungen, wie weiter unten beschrieben, durchgeführt werden können.

Die funktionelle Adaptivität bezüglich der Therapie stellt ein weiteres neues Qualitätsmerkmal dar. Am Beispiel der PDT und der Koagulation soll die erfindungsgemäße Wirkung erklärt werden.

PDT

Anhand der Auswertung von Fluoreszenzangiogrammen kann man die zu therapierenden Flächen manuell als Kreisflächen definieren. An einem anderen konventionellen Gerät wird die Therapie anhand von Bilddokumenten zur Diagnose und Therapieindikation entsprechend des Standes der Technik vorgenommen.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung kann nach erfolgter Untersuchung unmittelbar manuell durch den Arzt oder automatisch durch entsprechende Auswerteprogramme die zu therapierende Fläche exakt definiert werden. Die ermittelte zu koagulierende Fläche oder mittels PDT zu bestrahlende Flächenbereiche werden im Bild vom Augenhintergrund für den Arzt hervorgehoben. Dazu wird die EMS in Transmission 14.1 im Teilsystem 2.2. derart angesteuert, dass sie die zur Therapiefläche gehörenden Elemente zur Kontrolle für den Arzt in der bestrahlten Ebene 4.1 farbig oder blinkend markiert (z.B. farbige Markierung durch SM 15 oder blinkende Intensitätsmarkierung). Der Arzt kann interaktiv die Therapiefläche noch beliebig ändern. Der Therapiebestrahlungsbeginn z.B. für die PDT erfolgt durch Einklappen des Klappspiegels 8.6 in das Teilsystem 2.2 und dem Anschalten des Therapielasers 9.2. Gleichzeitig lassen die Elemente der EMS in Transmission 14.1 im Teilsystem 2.2, die zuvor die Markierungsstrahlen für die Therapiefläche durchgelassen haben, nunmehr die Therapiestrahlen durch, wobei die Transmission der Elemente zur Feinabstimmung variiert werden kann.

Bisherige Probleme durch Augenbewegungen, die den Bestrahlungsort während der Bestrahlungszeit verschieben können, werden behoben, indem die zu bestrahlende Fläche mittels der EMS in Transmission 14.1 im Teilsystem 2.2 ständig nachgeführt wird. Erreicht wird dies durch die beschriebenen Infrarotstrahlengänge, deren Bildfolgen bildanalytisch ausgewertet werden und die Korrekturwerte für die Nachführung liefern. Durch weitere programmtechnisch realisierte vorzugsweise gleichzeitige Strahlengänge werden Bilder zur Auswertung von Augenbewegungen bereitgestellt. Die augenbewegungsbedingten Verschiebungskoordinaten werden unmittelbar zur Korrektur der Therapieflächenlage oder zur Abschaltung oder Unterbrechung der Therapie benutzt.

30 Laserkoagulation

Auch in diesem Fall kann erfindungsgemäß mit hoher funktioneller Adaptivität interaktiv oder automatisch im Wechsel von Untersuchungen und Therapie mittels Laser koaguliert werden. Die zu koagulierenden Flächen können, wie bereits beschrieben, manuell durch den Arzt oder entsprechend von

5 Therapiekriterien anhand von Untersuchungsergebnissen im Bild (Monitor oder durch Erzeugung eines zusätzlichen markierten Strahlenganges) markiert werden. Auch in diesem Fall wird vorausgesetzt, dass Kriterien für die Behandlungsorte definierbar sind, die durch entsprechende Untersuchungsprogramme und Abläufe automatisch auffindbar und markierbar

10 sind. Die Laserkoagulation erfolgt nach Einspiegelung des Koagulationsstrahlenganges aus Fig. 9b mittels Klappspiegel 8.6 in das Bestrahlungssystem 2, durch Ansteuerung des x-y- Scannerspiegels 8.10 (Einstellung des Koagulationsortes in der bestrahlten Ebene 4.1), durch Einstellung des Fokus mittels Optikeinheit 8.4 (Fehlsichtigkeitsausgleich) und

15 durch Ansteuerung des Therapielasers 9.2. Die Steuerkoordinaten werden manuell durch den Arzt oder automatisch vorgegeben und in beschriebener Weise über einen zusätzlich zu erzeugenden Hilfsstrahlengang sichtbar (z.B. mittels Teilsystem 2.2.) gemacht. Der Laserschuss wird durch den Arzt oder nach vorgebbaren Kriterien durch den Arzt überwacht ausgelöst. Im Sinne der

20 funktionellen Adaptivität kann wiederum programmtechnisch das bereits beschriebene Nachführprogramm (Folgerprogramm) mit den entsprechenden Zusatzstrahlengängen aufgerufen werden, das Augenbewegungen erkennt und die eingestellten Koagulationskoordinaten automatisch nachführt oder den Laserschuss blockiert. Ein weiterer wesentlicher Vorteil neben den bereits

25 beschriebenen Vorteilen der individuell adaptiven Therapie besteht auch darin, dass im Bereich der Makula nahe dem Sehzentrum unter weitestgehender Kontrolle gefährlicher Augenbewegungen koaguliert werden kann.

30 Weitere Einsatzgebiete für die Erfindung im Rahmen der Multifunktionalität sind neben anderweitigen Messungen am Augenhintergrund die

Visusprüfung, die Refraktometrie, die funduskontrollierte und augenbewegungskorrigierte Perimetrie und Mikroperimetrie, die Untersuchung von Fixationsstörungen, die Spektrometrie am Auge, der Einsatz als Abberometer oder als funduskontrollierter Stimulator für die

5 **Elektrophysiologie, die hochaufgelöste Netzhautdokumentation und die Topologie.** Dabei kann es erforderlich sein, die erfindungsgemäßen Vorrichtungen um weitere zusätzliche Teilsysteme wie z.B. zur Bildaufnahme der Pupillenebene des Auges, vorzusehen.

Insbesondere für den Einsatz der Topologie, also zur Erfassung von Höhen

10 und Tiefen sowie deren Veränderungen haben die erfindungsgemäßen Vorrichtungen und Verfahren erhebliche Vorteile. Die beliebige Programmierung von Elementarstrahlenbündeln ermöglicht die Erzeugung beliebiger Lichtschnitte im Auge 10. Durch die zusätzliche freie Ansteuerung der einzelnen Elemente eines CCD-Empfängers 13.1 kann man die

15 Lichtschnitte in die Tiefe beliebig abtasten und sowohl Informationen aus direkt beleuchteten Volumenelementen am Auge 10 als auch von indirekt beleuchten Volumenelementen erhalten, je nach Ansteuerung der auszulesenden Pixel. In diesem Zusammenhang können auch Bilder aus verschiedenen Ebenen des Auges 10 erstellt werden. Im Unterschied zu

20 bekannten Verfahren sind diese Schnitte auch spektral untersuchbar.

Bezugszeichen

	1	Empfangssystem
	1.1 bis 1.n	Teilsysteme des Empfangssystems
5	2	Bestrahlungssystem
	2.1 bis 2.n	Teilsysteme des Bestrahlungssystems
	3	empfangsseitige Objekt- und Bildebenen
	3.1	Objektebene
	3.2	Bildebene bzw. Empfängerebene, konjugiert zu 3.1
10	3.2 bis 3.n	konjugierte Ebenen zu 3.1
	4	bestrahlungsseitige Objekt- und Bildebenen
	4.1	bestrahlte Ebene
	4.2 bis 4.n	konjugierte Ebenen zu 4.1
	5.1 bis 5.n	Pupillenebenen des Empfangssystems
15	6.1 bis 6.n	Pupillenebenen bezüglich der bestrahlten Ebene
	7.1 bis 7.n	empfangsseitige Optikeinheiten
	8.1 bis 8.5	bestrahlungsseitige Optikeinheiten
	8.6	Klappspiegel
	8.7	Umlenkspiegel
20	8.8	teildurchlässiger Spiegel
	8.9	Spektralteiler
	8.10	xy-Scannerspiegel
	9	Bestrahlungsquelle
	9.1	Infrarotquelle
25	9.2	Therapielaser z.B. für PDT
	9.3	Koagulations- oder Messlaser
	10	Auge
	11	Ophthalmoskoplinse
	12	Strahlteiler zur Trennung von 1 und 2
30	13	Empfänger außer EMS-Empfänger
	13.1	CCD-Empfänger

- 13.2 Infrarot-Bildempfänger
- 14 elementweise voneinander unabhängig ansteuerbare
Strahlmanipulationseinheit (EMS)
- 14.1 EMS in Transmission
- 5 14.2 EMS in Reflexion
- 14.3 EMS in Emission
- 14.4 EMS als Empfänger
- 15 Strahlmanipulator (SM)
- 16 Schnittstelle
- 10 17 Informationstechnisches System (ITS)
- 17.1 Steuereinheiten
- 17.2 Daten-, Signal- und/ oder Bildspeichereinheiten
- 17.3 Signal- und/ oder Bildverarbeitungseinheiten
- 17.4 Auswerteeinheiten
- 15 17.5 Zentraleinheit
- 17.6 Einheiten für Dialogbetrieb und Ergebnispräsentation
- 17.7 Programmbibliothek
- 17.8 Einheiten zur Ergebnisdokumentation

Patentansprüche

1. Vorrichtung mit einem Empfangssystem (1) zur Abbildung einer
Objektebene (3.1) in mindestens eine dazu konjugierte Ebene (3.2-3.n)
5 und mindestens einer Pupillenebene des Empfangssystems (5.1-5.n), die
die Ebene der Öffnungsblende des Empfangssystems (1) oder eine hierzu
konjugierte Ebene ist, dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eine elementweise voneinander unabhängig
ansteuerbare Strahlmanipulationseinheit-EMS (14) in einer zur
10 Objektebene (3.1) konjugierten Ebene (3.2-3.n) und mindestens eine EMS
(14) in einer Pupillenebene (5.1-5.n) angeordnet ist, wobei die EMS (14)
jeweils über eine Schnittstelle (16) mit einem Informationstechnischen
System ITS (17) verbunden sind, welche die Elemente der EMS (14)
ansteuert, um die Eigenschaften der Strahlung so zu manipulieren, dass
15 unterschiedliche Strahlengänge programmtechnisch erzeugt werden
können.
2. Vorrichtung mit einem Bestrahlungssystem (2), das eine bestrahlte Ebene
(4.1) erzeugt, mit mindestens einer Pupillenebene bezüglich der
20 bestrahlten Ebene (6.1-6.n), die für die Apertur eines Punktes in der
bestrahlten Ebene (4.1) maßgeblich ist, dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens eine elementweise voneinander unabhängig
ansteuerbare Strahlmanipulationseinheit - EMS (14) in einer zur
bestrahlten Ebene konjugierten Ebene (4.2-4.n) und mindestens eine EMS
25 (14) in einer bezüglich der bestrahlten Ebene (4.1) wirksamen
Pupillenebene (6.1-6.n) angeordnet ist, wobei die EMS (14) jeweils über
eine Schnittstelle (16) mit einem ITS (17) verbunden sind, welche die
Elemente der EMS (14) ansteuert, um die Eigenschaften der Strahlung so
zu manipulieren, dass unterschiedliche Strahlengänge programmtechnisch
30 erzeugt werden können.

3. Vorrichtung mit einem Bestrahlungssystem (2), das eine bestrahlte Ebene (4.1) erzeugt, mit mindestens einer Pupillenebene bezüglich der bestrahlten Ebene (6.1-6.n), die für die Apertur eines Punktes in der bestrahlten Ebene (4.1) maßgeblich ist und einem Empfangssystem (1) zur Abbildung einer Objektebene (3.1) in mindestens eine dazu konjugierte Ebene (3.2-3.n) und mindestens einer Pupillenebene des Empfangssystems (5.1-5.n), die die Ebene der Öffnungsblende oder eine hierzu konjugierte Ebene ist, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei EMS (14) in einer der genannten Ebenen angeordnet sind, wobei die EMS (14) jeweils über eine Schnittstelle (16) mit einem ITS (17) verbunden sind, welche die Elemente der EMS (14) ansteuert, um die Eigenschaften der Strahlung so zu manipulieren, dass unterschiedliche Strahlengänge programmtechnisch erzeugt werden können.
4. Vorrichtung, bestehend aus einem Bestrahlungssystem (2), das eine bestrahlte Ebene (4.1) erzeugt, mit mindestens einer Pupillenebene bezüglich der bestrahlten Ebene (6.1-6.n), die für die Apertur eines Punktes in der bestrahlten Ebene (4.1) maßgeblich ist und einem Empfangssystem (1) zur Abbildung einer Objektebene (3.1) in mindestens eine dazu konjugierte Ebene (3.2-3.n) und mindestens einer Pupillenebene des Empfangssystems (5.1-5.n), die die Ebene der Öffnungsblende oder eine hierzu konjugierte Ebene ist, wobei ein Strahlteiler (12) zur Zusammenführung von Bestrahlungssystem (2) und Empfangssystem (1) vorhanden ist und bei dem die Pupillenebenen bezüglich der bestrahlten Ebene (6.1-6.n) und die Pupillenebenen des Empfangssystems (5.1-5.n) zueinander konjugierte Ebenen sind, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine EMS (14) in einer der genannten Ebenen angeordnet ist, wobei die EMS (14) über eine Schnittstelle (16) mit einem ITS (17) verbunden sind, welche die Elemente der EMS (14) ansteuert,

um die Eigenschaften der Strahlung so zu manipulieren, dass unterschiedliche Strahlengänge programmtechnisch erzeugt werden können.

- 5 5. Ophthalmologisches Untersuchungsgerät bestehend aus einem Bestrahlungssystem (2), das eine bestrahlte Ebene (4.1) erzeugt, mit mindestens einer Pupillenebene bezüglich der bestrahlten Ebene (6.1-6.n), die für die Apertur eines Punktes in der bestrahlten Ebene (4.1) maßgeblich ist und einem Empfangssystem (1) zur Abbildung einer
- 10 Objektebene (3.1) in mindestens eine dazu konjugierte Ebene (3.2-3.n) und mindestens einer Pupillenebene des Empfangssystems (5.1-5.n), die die Ebene der Öffnungsblende oder eine hierzu konjugierte Ebene ist, wobei ein Strahlteiler (12) das Bestrahlungssystem (2) und das Empfangssystem (1) zusammenführt und über eine gemeinsame
- 15 Ophthalmoskoplinsen (11) in das Auge (10) führt und bei dem die Pupillenebenen bezüglich der bestrahlten Ebene (6.1-6.n) und die Pupillenebenen des Empfangssystems (5.1-5.n) zueinander und zur Augenpupille konjugierte Ebenen sind, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine EMS (14) in einer der genannten Ebenen
- 20 angeordnet ist, wobei die EMS (14) über eine Schnittstelle (16) mit einem ITS (17) verbunden sind, welche die Elemente der EMS (14) ansteuert, um die Eigenschaften der Strahlung so zu manipulieren, dass unterschiedliche Strahlengänge programmtechnisch erzeugt werden können.
- 25
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine EMS (14) eine Anordnung aus mindestens einem Bauteil ist, welches aus mehreren unabhängig voneinander ansteuerbaren matrixartig angeordneten Elementen, mindestens aber einem Element besteht,
- 30 welches die Eigenschaften der Strahlung elementweise manipulieren kann.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,
dass die durch die Elemente manipulierbaren Eigenschaften z.B. Ort, Zeit,
Farbe, Transmission und Reflexionswinkel sein können
5 und dass die Bauteile LCD-Minidisplaysinheiten in Transmission, in
Reflexion, schwarz/weiß und in Farbe sowie Mikrospiegelarrays sein
können.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 3 bis 7, dadurch
10 gekennzeichnet,
dass eine EMS (14) ein Empfängerarray ist und in einer zur Objektebene
konjugierten Ebene (3.2-3.n) angeordnet ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet,
15 dass eine EMS (14) ein Emissionsarray ist und in einer zur Objektebene
konjugierten Ebene (3.2-3.n) angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5,
dass mindestens eine weitere EMS (14) in einer der genannten Ebenen
20 angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10,
dass mindestens zwei EMS (14) im Empfangssystem (1) angeordnet sind,
wobei eine EMS (14) in einer zur Objektebene konjugierten Ebene (3.2-
25 3.n) und eine weitere EMS (14) in einer Pupillenebene des
Empfangssystems (5.1-5.n) angeordnet ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10,
dass mindestens zwei EMS (14) im Bestrahlungssystem (2) angeordnet
30 sind, wobei eine EMS (14) in einer zur bestrahlten Ebene konjugierten

Ebene (4.2-4.n) und mindestens eine weitere EMS (14) in einer Pupillenebene bezüglich der bestrahlten Ebene (6.1-6.n) angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10,
5 dass mindestens zwei EMS (14) im Empfangssystem (1) angeordnet sind, wobei mindestens eine EMS (14) in einer zur Objektebene konjugierten Ebene (3.2-3.n) und mindestens eine zweite EMS (14) in einer Pupillenebene des Empfangssystems (5.1-5.n) und dass zwei weitere EMS (14) im Bestrahlungssystem (2) angeordnet sind, wobei eine EMS (14) in
10 einer zur bestrahlten Ebene konjugierten Ebene (4.2-4.n) und mindestens eine weitere EMS (14) in einer Pupillenebene bezüglich der bestrahlten Ebene (6.1-6.n) angeordnet ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet,
15 dass mindestens zwei EMS (14) in zueinander konjugierten Ebenen stehen.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet,
20 dass der Strahlteiler (12) als Lochspiegel ausgeführt ist.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet,
dass der Strahlteiler (12) als teildurchlässiger Spiegel ausgeführt ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet,
25 dass der Strahlteiler (12) als Spektralteiler ausgeführt ist.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet,
dass der Strahlteiler (12) als EMS (14) ausgeführt ist.
- 30 19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet,

dass die EMS (14) eine EMS in Reflexion (14.2) mit mindestens zwei definierbaren Reflexionswinkeln besteht.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet,
5 dass die EMS in Reflexion (14.2) eine kontinuierliche Änderung der Reflexionswinkel zur Wellenfrontkorrektur ermöglicht.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet,
10 dass Mittel vorhanden sind, die das Bestrahlungssystem (2) in mehrere Teilsysteme des Bestrahlungssystems (2.1-2.n) oder/und das Empfangssystem (1) in mehrere Teilsysteme des Empfangssystems (1.1-1.n) auftrennen.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet,
15 dass für diese Mittel EMS (14) verwendet werden.
23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet,
20 dass in jedem Teilsystem optische Mittel zur Erzeugung mindestens einer zur Objektebene konjugierten Ebene (3.2-3.n) bzw. zur bestrahlten Ebene konjugierte Ebenen (4.2-4.n) vorhanden sind und dass in allen diesen Ebenen EMS (14) vorgesehen sind.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet,
25 dass in allen Teilsystemen optische Mittel zur Erzeugung mindestens einer Pupillenebene (5.1-5.n; 6.1-6.n) vorgesehen sind, in der jeweils eine EMS in Transmission (14.1) angeordnet ist.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet,
30 dass im Empfangssystem (1) bzw. Bestrahlungssystem (2) oder in deren Teilsystemen voneinander unabhängige ansteuerbare optische Mittel zur

Scharfstellung der Objektebene (3.1) bzw. der bestrahlten Ebene (4.1) vorgesehen sind.

- 5 26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass im Empfangssystem (1) bzw. im Bestrahlungssystem (2) oder in deren Teilsystemen jeweils mindestens ein Strahlmanipulator SM (15) vorhanden ist und die SM (15) voneinander unabhängig ansteuerbar sind.
- 10 27. Vorrichtung nach Anspruch 26 dadurch gekennzeichnet, dass die SM (15) steuerbare Filterscheiben zur wahlweisen Einschaltung von Filtern definierter spektraler Charakteristik, z.B. Farbglas oder/und Interferenzfilter oder/und Bandpassfilter sind.
- 15 28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass diese steuerbaren Filterscheiben in einer Pupillenebene (5.1-5.n; 6.1-6.n) angeordnet sind.
- 20 29. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die SM (15) steuerbare durchstimbare Filterscheiben sind.
- 25 30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass ansteuerbare optische Mittel zur Änderung des Abbildungsmaßstabes, kontinuierlich oder stufenweise, im Empfangssystem (1) bzw. Bestrahlungssystem (2) oder in deren Teilsystemen (1.1-1.n bzw. 2.1-2.n) vorgesehen sind.
- 30 31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Teilsystem des Bestrahlungssystems (2.1-2.n) und ein Teilsystem des Empfangssystems (1.1-1.n) oder ein zusätzliches System zur Erzeugung elektronischer Infrarotbilder von der Objektebene (3.1) vorgesehen ist.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet,
dass eine konventionelle Bestrahlungsquelle (9) im kontinuierlichen
Betrieb und dass Mittel zur vorübergehenden Einkopplung einer Blitzlampe
5 in das Bestrahlungssystem (2) oder ein Teilsystem des
Bestrahlungssystems (2.1-2.n) vorgesehen sind.
33. Ophthalmologisches Gerät zur Untersuchung und Behandlung des Auges
(10) nach einem der Ansprüche 4 bis 30, dadurch gekennzeichnet,
dass optische Mittel vorgesehen sind, um zur Bestrahlungsquelle (9) eine
zusätzliche Therapiestrahlung in das Bestrahlungssystem (2) oder eines
seiner Teilsysteme einzukoppeln, welche eine EMS (14) in einer zur
bestrahlten Ebene konjugierten Ebene (4.2-4.n) bestrahlt,
dass diese Mittel ansteuerbar sind,
15 dass die Therapiestrahlung durch einen therapeutisch wirksamen Laser
z.B. zur AMD- Behandlung verwendet wird,
dass in diesem zusätzlichen Therapiestrahlang Mittel zur gleichmäßigen
Ausleuchtung der optisch wirksamen Gesamtfläche der EMS (14) oder
einer bekannten Teilfläche der EMS (14) vorgesehen sind und
20 dass der therapeutisch wirksame Laser in seiner Intensität steuerbar ist.
34. Ophthalmologisches Gerät nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen der Bestrahlungsquelle (9) und der zusätzlichen
Therapiestrahlung umgeschaltet wird.
25
35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 30 dadurch gekennzeichnet,
dass Mittel zur vorübergehenden ansteuerbaren Einschaltung einer
weiteren zusätzlichen Bestrahlung in das Bestrahlungssystem (2)
vorgesehen sind,
30 dass in dieser zusätzlichen Bestrahlung optische Mittel zur Erzeugung einer
weiteren zur Augenpupille konjugierten Pupillenebene (6.1-6.n) und zur

Fokussierung eines parallelen Lichtbündels in der bestrahlten Ebene (4.1) vorgesehen sind,

dass in dieser weiteren Pupillenebene (6.1-6.n) eine ansteuerbare Einheit zur x-y Ablenkung des parallelen Lichtbündels angeordnet ist und

5 dass als Quelle ein Laser vorgesehen ist mit steuerbarer Intensität bzw. Pulsenergie.

36. Ophthalmologisches Gerät nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass der Laser ein Therapielaser (9.2) ist.

10

37. Vorrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass der Laser ein zur Messung geeigneter Laser ist.

15

38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 37 dadurch gekennzeichnet, dass das ITS (17) Steuereinheiten (17.1) umfasst, die einerseits über Schnittstellen (16) mit den ansteuerbaren Einheiten der Vorrichtung, einschließlich der Empfänger und andererseits mit einer Zentraleinheit (17.5) verbunden sind, die wiederum mit Signal- und Bildverarbeitungseinheiten (17.3), mit Auswerteeinheiten (17.4), mit

20

Signal- und Bilderspeichereinheiten (17.2), mit einer Programmbibliothek (17.7), einer patientenbezogenen Datenbank (17.8) und Einheiten zum Dialogbetrieb und zur Ergebnispräsentation (17.6) in Verbindung steht.

25

39. Verfahren zum Betrieb eines Gerätes nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass durch zeitliche und örtliche Ansteuerung der Elemente der EMS (14) Elementarstrahlenbündel gebildet werden.

30

40. Verfahren nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass den Elementarstrahlenbündeln durch Ansteuerung der EMS (14) und der anderen steuerbaren Mittel gleichzeitig oder nacheinander

5 unterschiedliche funktionsbestimmende Eigenschaften zugewiesen werden, so dass die Elementarstrahlenbündel einzeln oder gruppenweise einer Vielzahl verschiedener programmtechnisch erzeugbarer Strahlengänge mit unterschiedlichen Funktionen für unterschiedliche bildgebende, messende, prüfende, stimulierende oder therapeutische Verfahren gleichzeitig und/oder nacheinander realisiert zugeordnet werden können.

10 41. Verfahren nach Anspruch 39 oder 40, dadurch gekennzeichnet, dass den einzelnen Strahlengängen durch Ansteuerung der EMS (14) und der anderen steuerbaren Mittel unterschiedliche Eigenschaften zugeordnet werden, die geeignet sind, die einzelnen Strahlengänge bezüglich ihrer Information signal- oder bildanalytisch voneinander zu trennen.

15 42. Verfahren nach Anspruch 40 dadurch gekennzeichnet, dass die funktionsbestimmenden Eigenschaften z.B. der Ort, die geometrische Form und Fläche in der bestrahlten Ebene, in der Pupillenebene und in der empfängerwirksamen Objektebene sowie die Lage dieser Ebenen, die Intensität, die Modulationsfrequenz, die Strahlrichtung, die Bündelanzahl pro Strahlengang, spektrale
20 Eigenschaften, Polarisations-eigenschaften und zeitliche Ablaufeigenschaften sein können und dass mit diesen funktionsbestimmenden Eigenschaften wesentliche Eigenschaften der jeweiligen Untersuchung und Behandlung festgelegt werden.

25

43. Verfahren nach Anspruch 42 dadurch gekennzeichnet, dass die funktionsbestimmenden Eigenschaften Wirkungsort in der Ebene und in der Tiefe, Wirkungsfläche, Zeitablauf und Dosis für die Behandlung mit Licht programmtechnisch konfigurierbar sind und sowohl gleichzeitig
30 oder nacheinander mit anderen prüfenden, bildgebenden, messenden, prüfenden und stimulierenden Funktionen kombinierbar sind.

44. Verfahren nach einem der Ansprüche 39 bis 43, dadurch gekennzeichnet,
dass die Bildung von Elementarstrahlenbündeln und die Zuweisung von
Eigenschaften und körperlichen Strahlengängen sowie der auswertenden
Software während eines Untersuchungsvorganges in Abhängigkeit von
Zwischenergebnissen oder durch Dialogbetriebsteuerung
Funktionsbestimmung entsprechend beliebig programmtechnisch geändert
werden kann.
45. Verfahren nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet,
dass Rückkopplungssignale aus Zwischenergebnissen eines
Untersuchungsablaufes oder aus Untersuchungsergebnissen weiterer
Untersuchungen mit anderen Funktionen des Gerätes in zeitlicher Abfolge
oder in Gleichzeitigkeit durch die ITS (17) gebildet werden, die im
Zusammenwirken mit Optimierungsprogrammen einzelne Funktionen,
auch therapeutische Funktionen bezüglich der Besonderheiten am
Patienten und/ oder der Fragestellung und/oder des Untersuchers den
Untersuchungsablauf sowie die Einstellungen (Eigenschaften) der
Vorrichtung für die jeweilige Funktion vor oder/und während oder/und
nach dem Untersuchungsablauf für aktuelle bzw. spätere Untersuchungen
optimieren können.
46. Verfahren nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet,
dass zur Optimierung lernfähige Optimierungsprogramme und/ oder
Beratungssysteme eingesetzt werden.
47. Verfahren nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet,
dass sämtliche aktuelle Einstellungen und optimierte Veränderungen für
Wiederholungsuntersuchungen Patienten-, Untersucher- und
untersuchungsspezifisch gespeichert werden.

48. Verfahren nach einem der Ansprüche 39 bis 47, dadurch gekennzeichnet,
dass aus Signal- oder Bildfolgen Verschiebungskordinaten von bewegten
Objekten bestimmt werden und als Korrektursignale über die EMS-
Ansteuerung zur Korrektur der Elementarstrahlenbündel oder zur
5 Bewertung oder Auswertung von Untersuchungsergebnissen benutzt
werden.
49. Ophthamologisches Verfahren nach Anspruch 48, dadurch
gekennzeichnet,
10 dass die Bilder Infrarotbilder sind.
50. Verfahren nach Anspruch 44 bis 47, dadurch gekennzeichnet,
dass ein Untersuchungsablauf in folgenden Schritten abläuft:
- 15 Schritt A: Definition der Zielstellung der Untersuchung und damit der
notwendigen funktionellen Strahlengänge und deren gewünschten
Systemparameter und Funktion für das zu realisierende Geräteprinzip mit
entsprechendem Programmaufruf
- 20 Schritt B: Auswahl und Aufruf der Programme zur An- und
Ablaufsteuerung, zur Signal- und Bildanalyse, Auswertung, Dialogbetrieb,
funktionelle und individuelle Optimierung, zur patientenbezogenen
Speicherung, Dokumentation und Ergebnispräsentation
- 25 Schritt C: Programmgesteuerte Grundeinstellung 1.
Untersuchungsperiode:
- 30 Festlegung der Lage der abbildungsseitigen Objektebene (3.1) und der
bestrahlten Ebene (4.1) im Auge (10) zum Ausgangszeitpunkt durch
Ansteuerung der Optikeinheiten für die Scharfstellung und
Fehlsichtigkeitsausgleich (7.4 und 8.4) (Diese Optikeinheiten sind

gleichzeitig die Mittel zur Verschiebung der abbildungsseitigen Objekzebene (3.1) und der bestrahlten Ebene (4.1) in die Tiefe des Auges (10) und ggf. zur Änderung des Abbildungsmaßstabes)

- 5 Einstellung von Lage und Geometrie der Durchstoßpunkte der Elementarstrahlenbündel der einzelnen Strahlengänge für die abbildungsseitige Objekzebene (3.1) im Auge (10) durch Ansteuerung und Auslesung der Elemente der entsprechenden Empfängereinheit(en) in der zur Objekzebene (3.1) konjugierten Empfängerebene bzw. Bildebene (3.2)
- 10 in den einzelnen empfangsseitigen Strahlengängen und/ oder durch Einstellung der Vergrößerung über die zweite verschiebbare Optikeinheit (8.1).
- 15 Einstellung von Lage und Geometrie der Durchstoßpunkte der Elementarstrahlenbündel der einzelnen Strahlengänge für die bestrahlte Ebene (4.1) durch Ansteuerung der Elemente der entsprechenden EMS (14) in einer zur bestrahlten Ebene (4.1) konjugierten Ebene.
- 20 Einstellung von Lage und Geometrie der Durchstoßpunkte der Elementarstrahlenbündel der einzelnen Strahlengänge durch die Ebene der Augenpupille durch Ansteuerung der Elemente der entsprechenden EMS (14) in einer zur Augenpupille konjugierten Ebene
- 25 Zuordnung der Elementarstrahlenbündel zu funktionellen Strahlengängen und Zuweisung von den bereits beschriebenen Eigenschaften, wie z.B. Intensität, Farbe, Polarisationsgrad, Frequenz u.a. Eigenschaften entsprechend der vorgesehenen ansteuerbaren Mittel der Anordnung.
- 30 Abarbeitung der Programme zur Signal- und Bildanalyse, Auswertung, Dialogbetrieb, funktionelle und individuelle Optimierung, zur

patientenbezogenen Speicherung, Dokumentation und
Ergebnispräsentation für die aktuelle Bearbeitungsperiode

- 5 Schritt D: Steuerung des Untersuchungsablaufes durch Wiederholung der
Perioden (Schritt C) durch Variation der Einstellung 1-5 und Realisierung
von Punkt 6 solange, bis der Untersuchungsvorgang abgeschlossen ist.

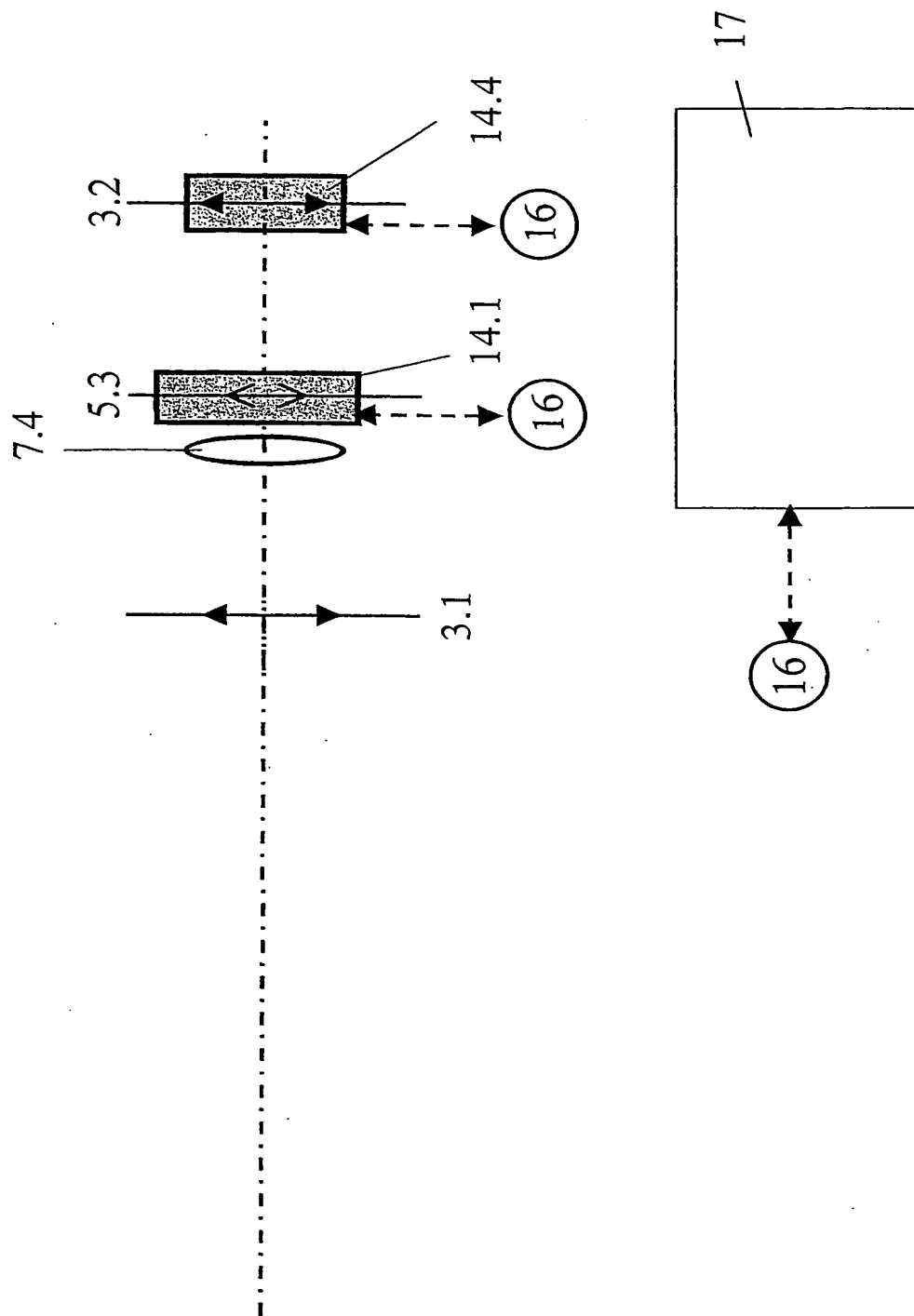


Fig. 1a

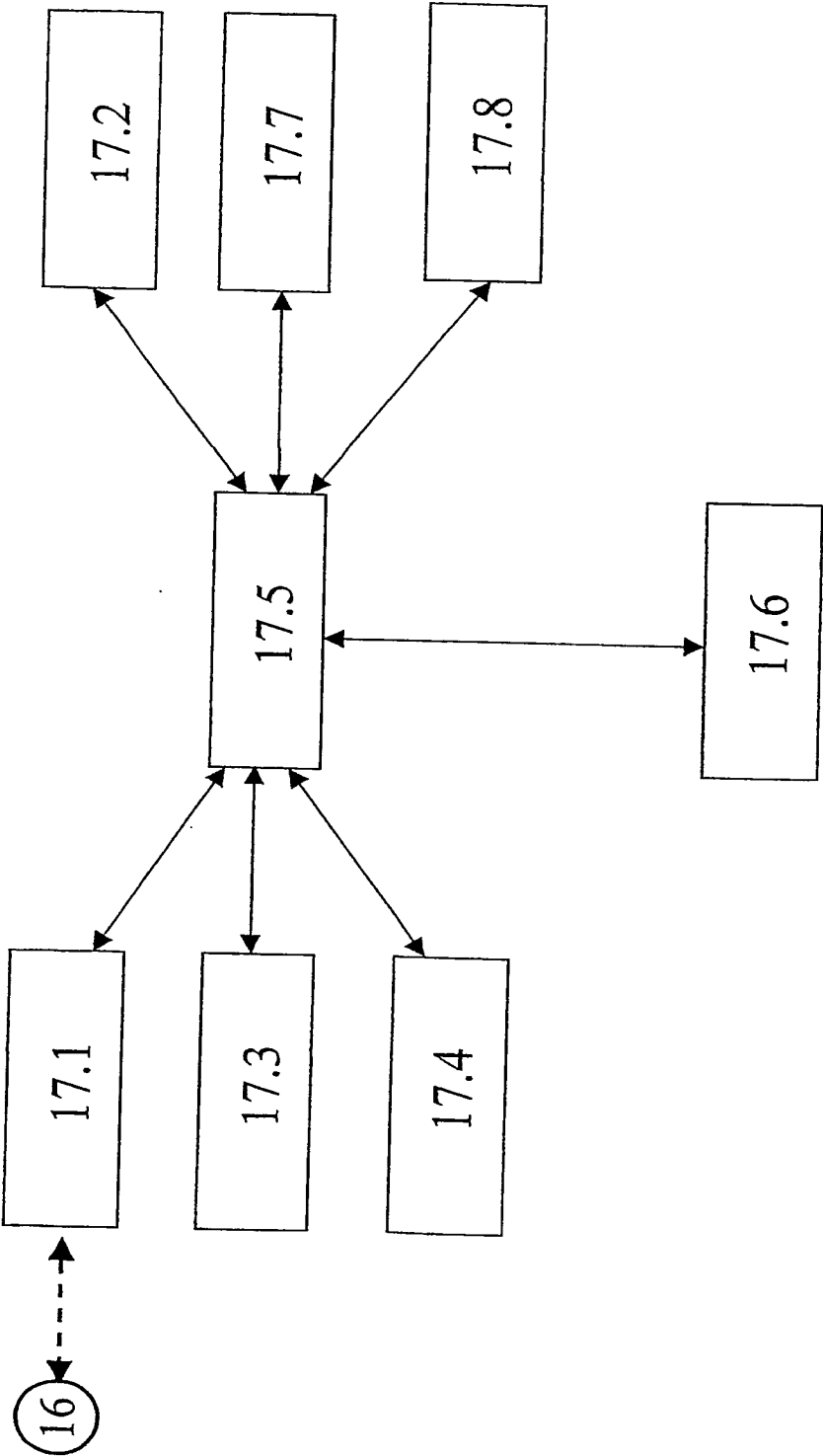


Fig. 1b

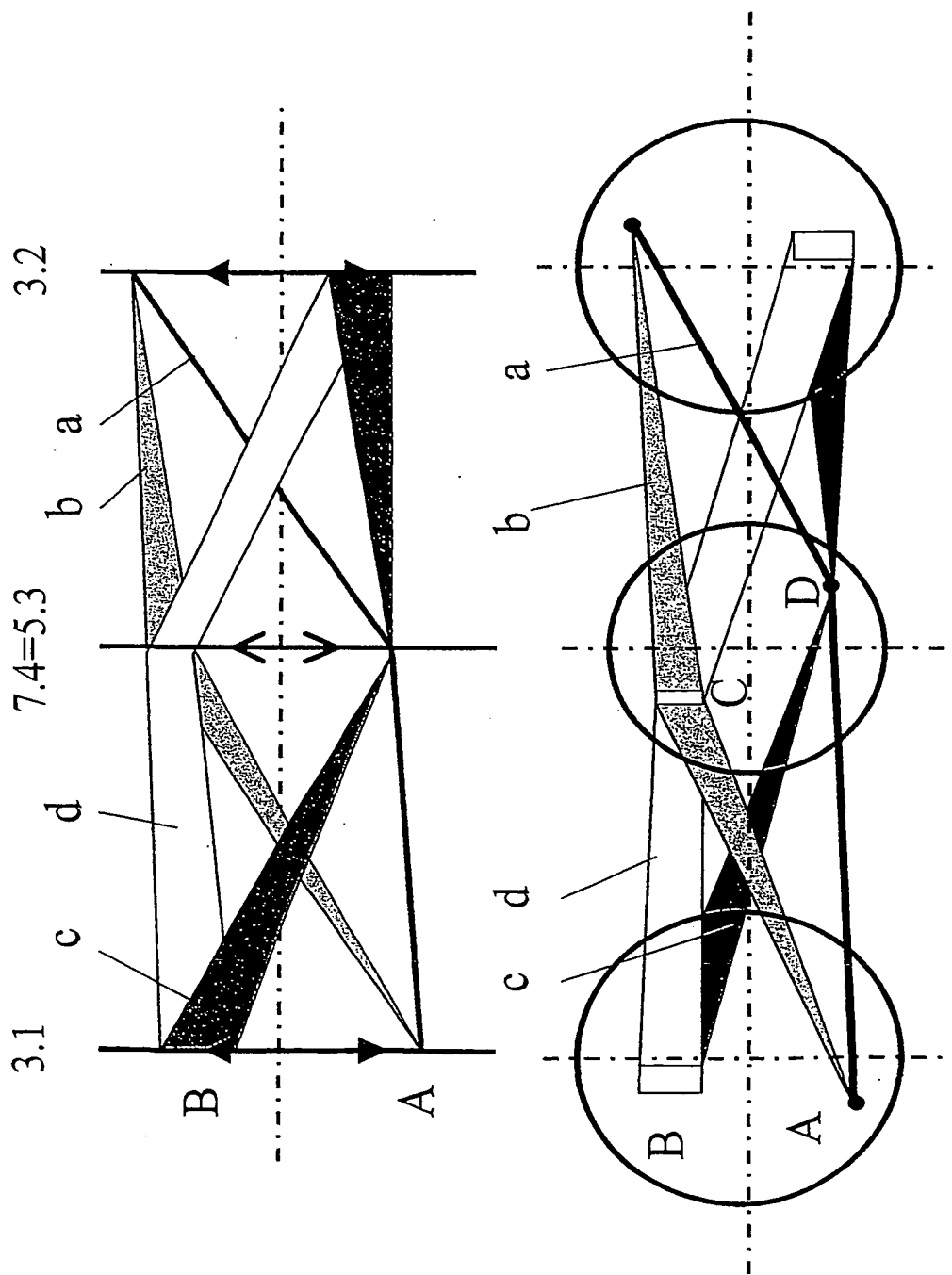


Fig. 1c

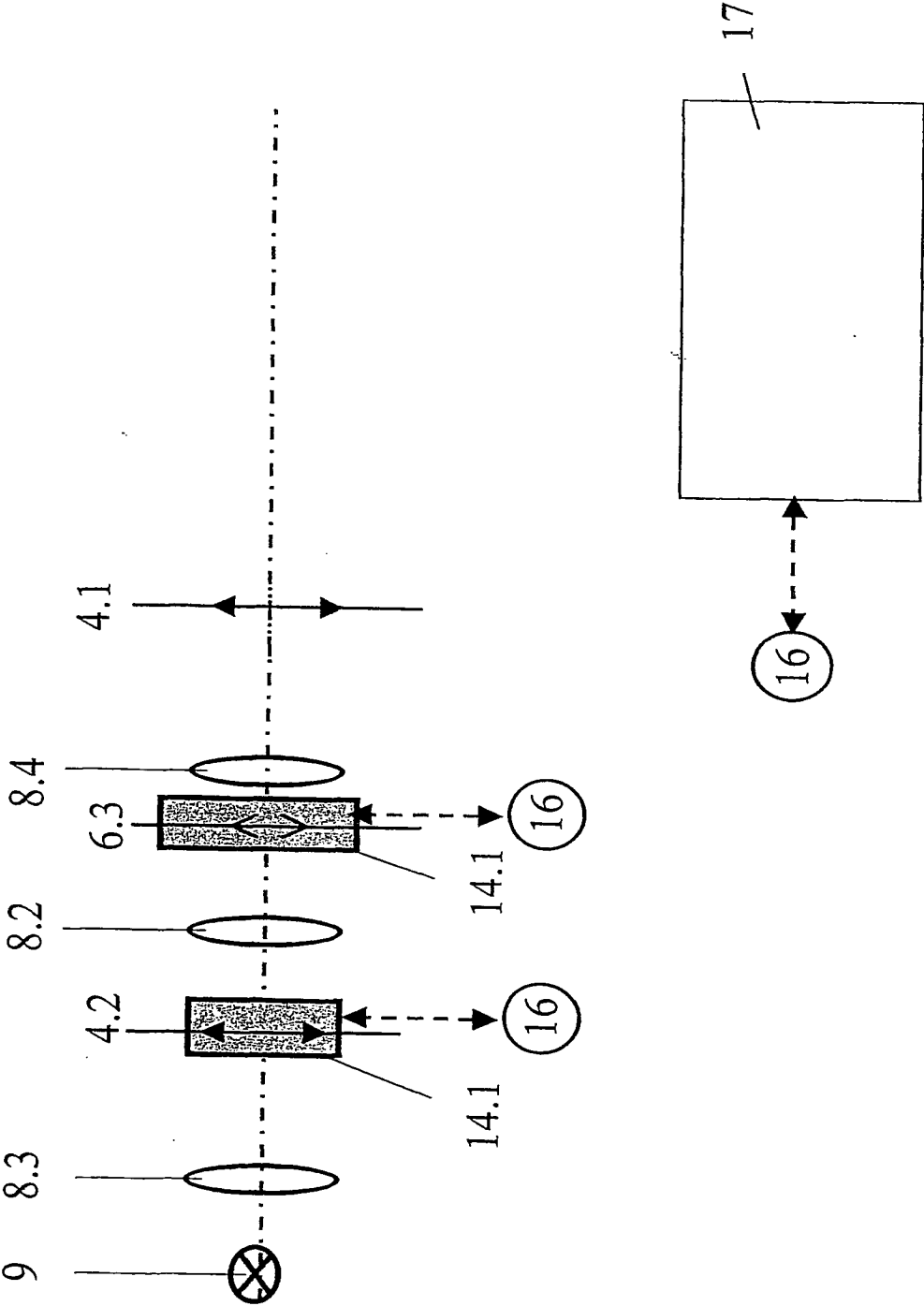


Fig. 2

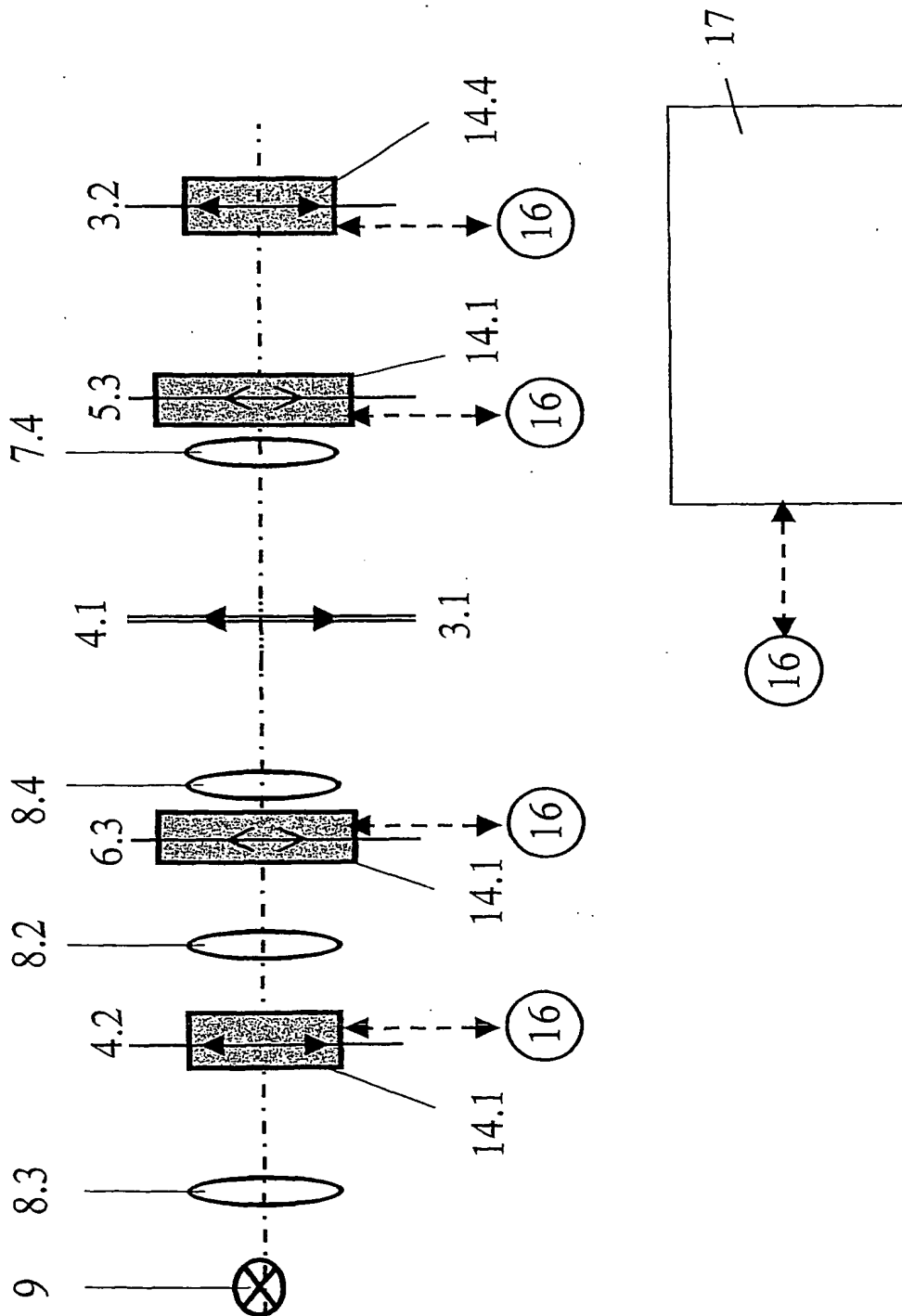


Fig. 3

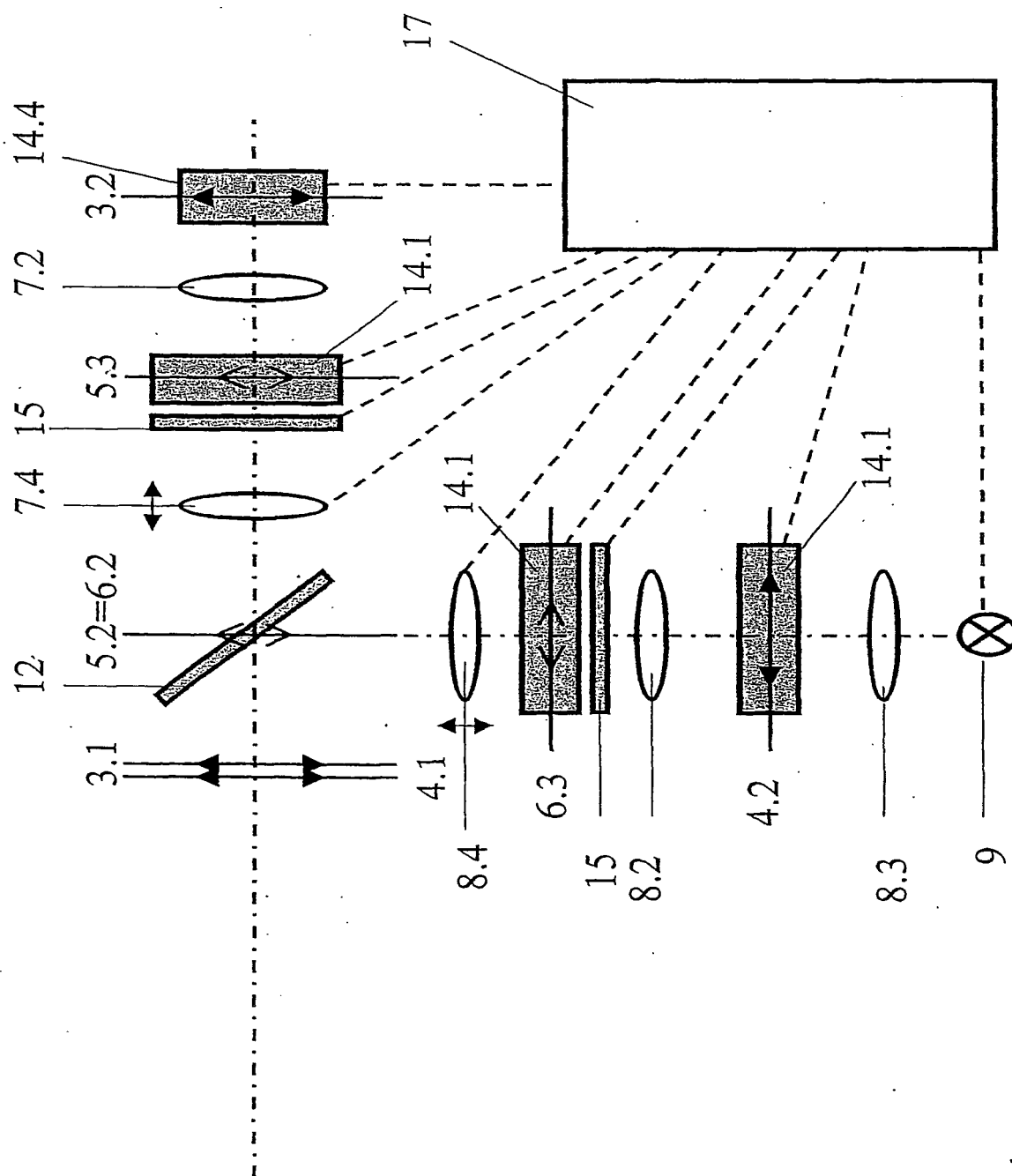


Fig. 4

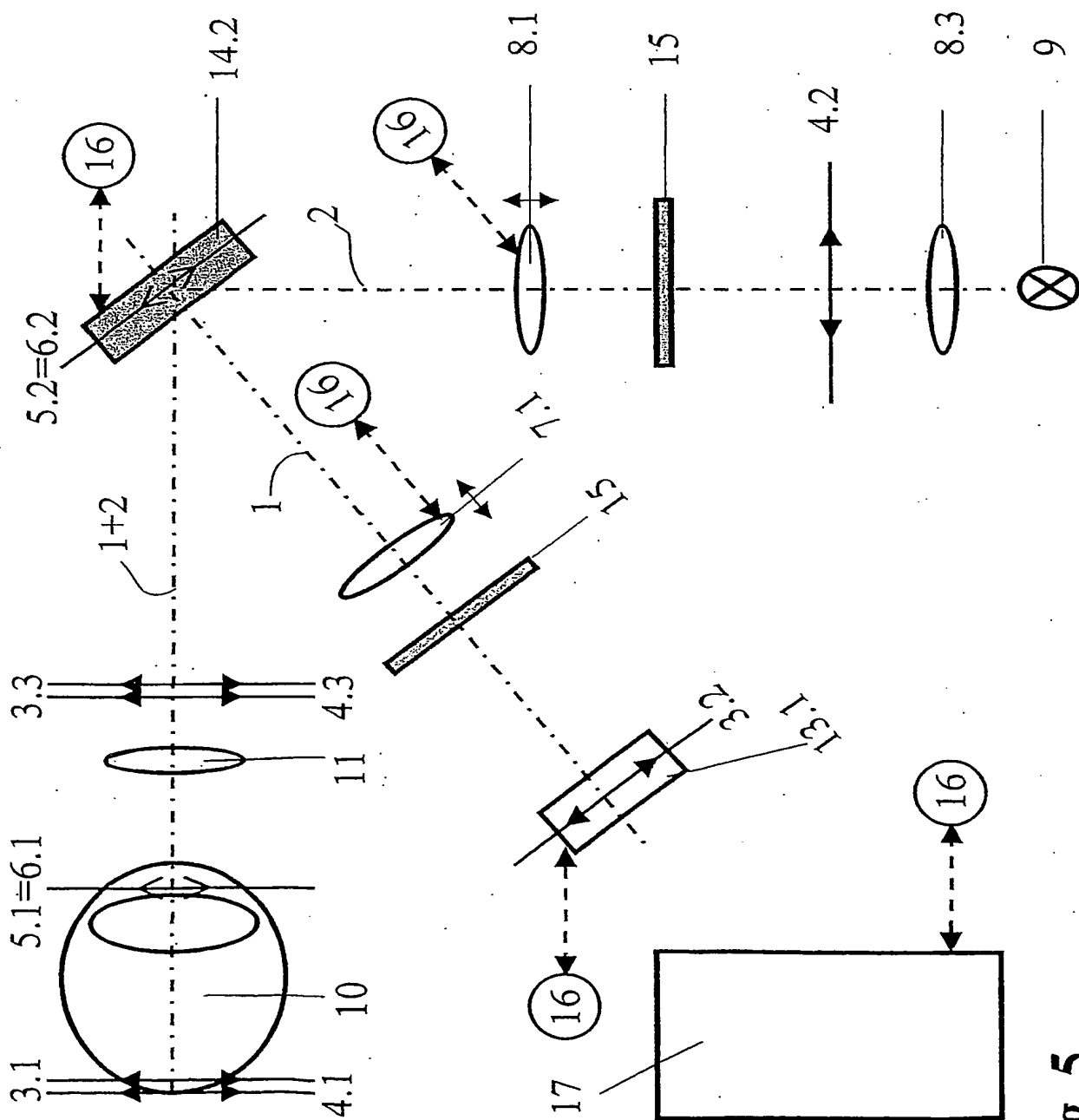


Fig. 5

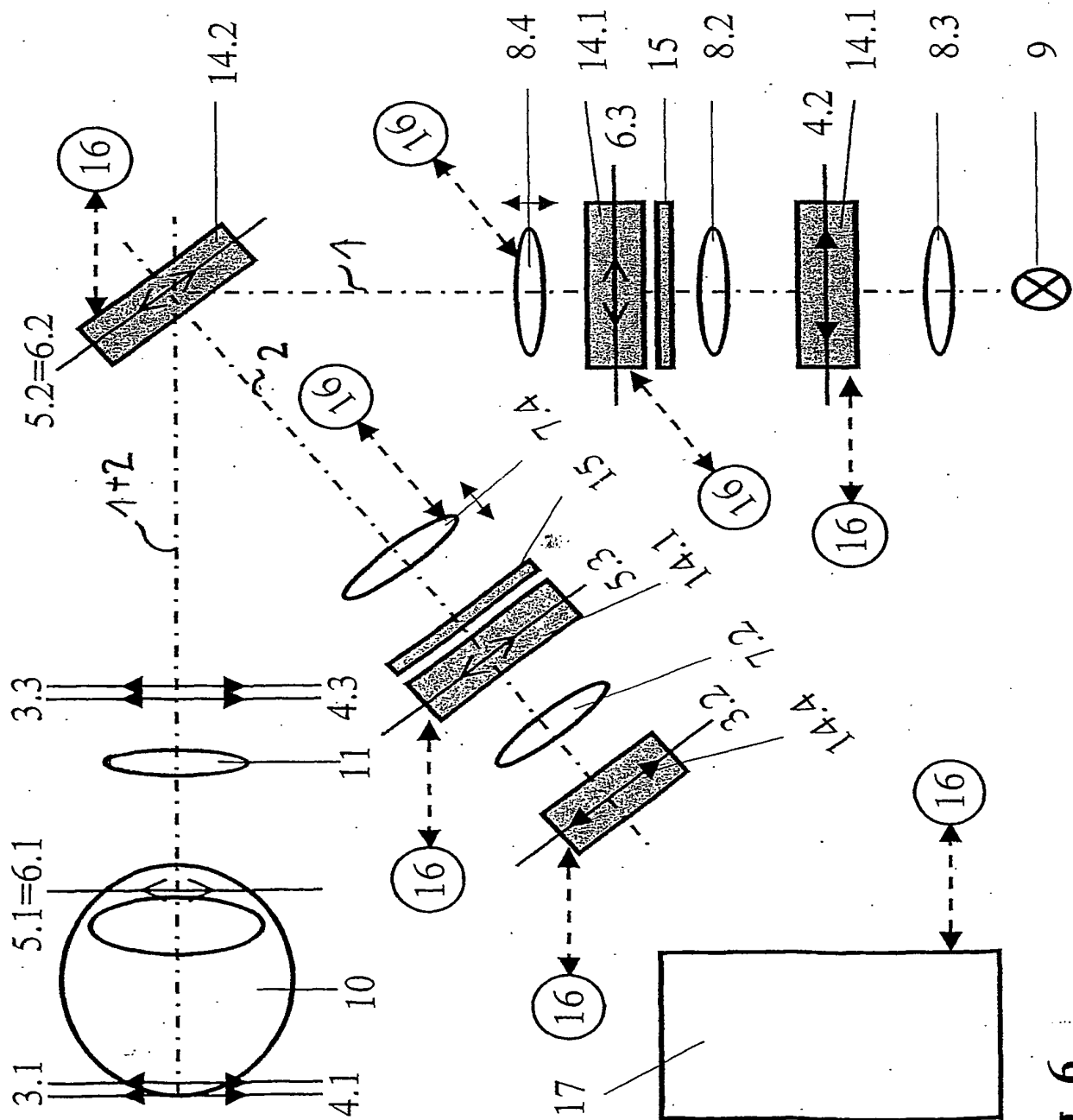


Fig. 6

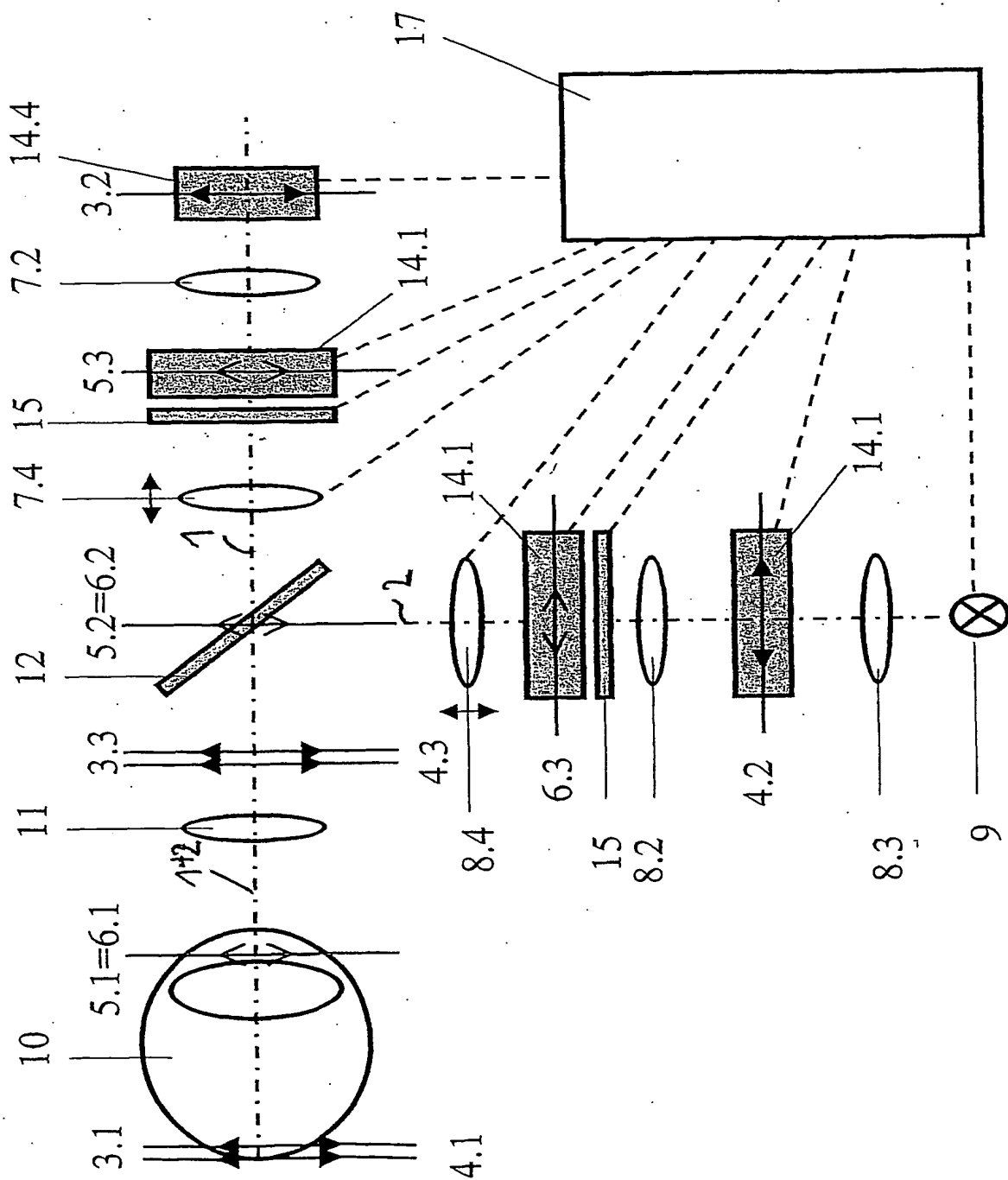


Fig. 7

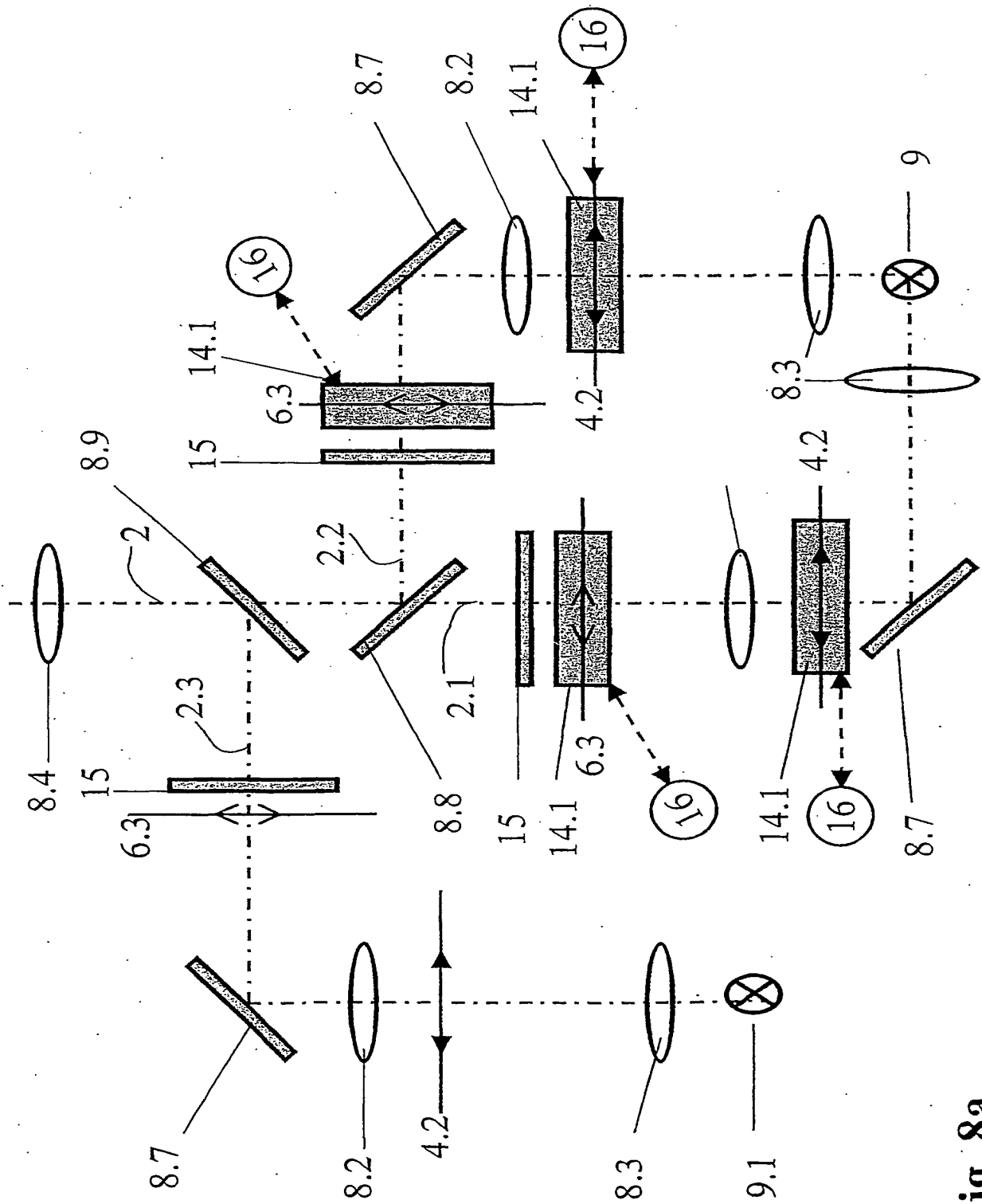


Fig. 8a

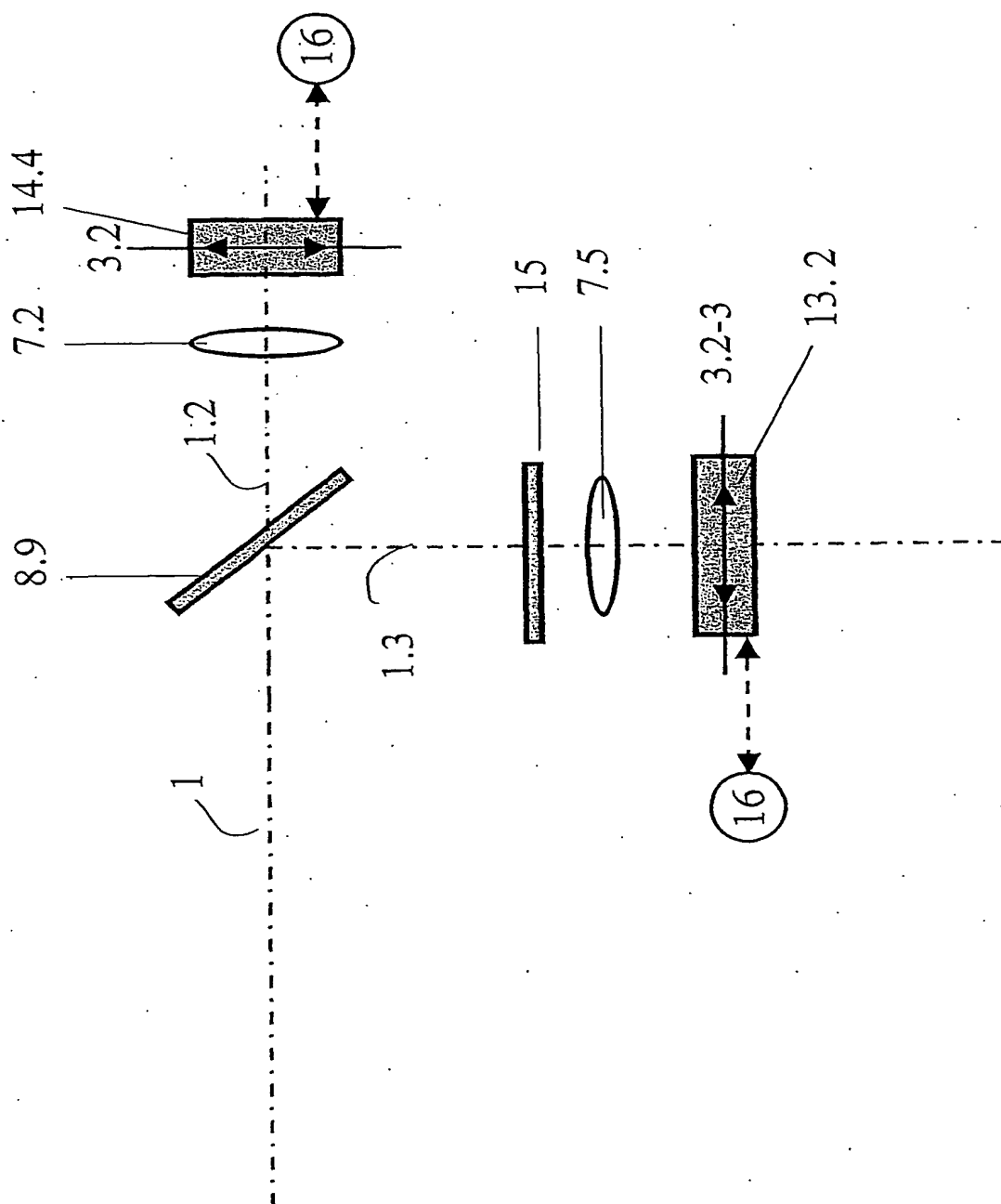


Fig. 8b

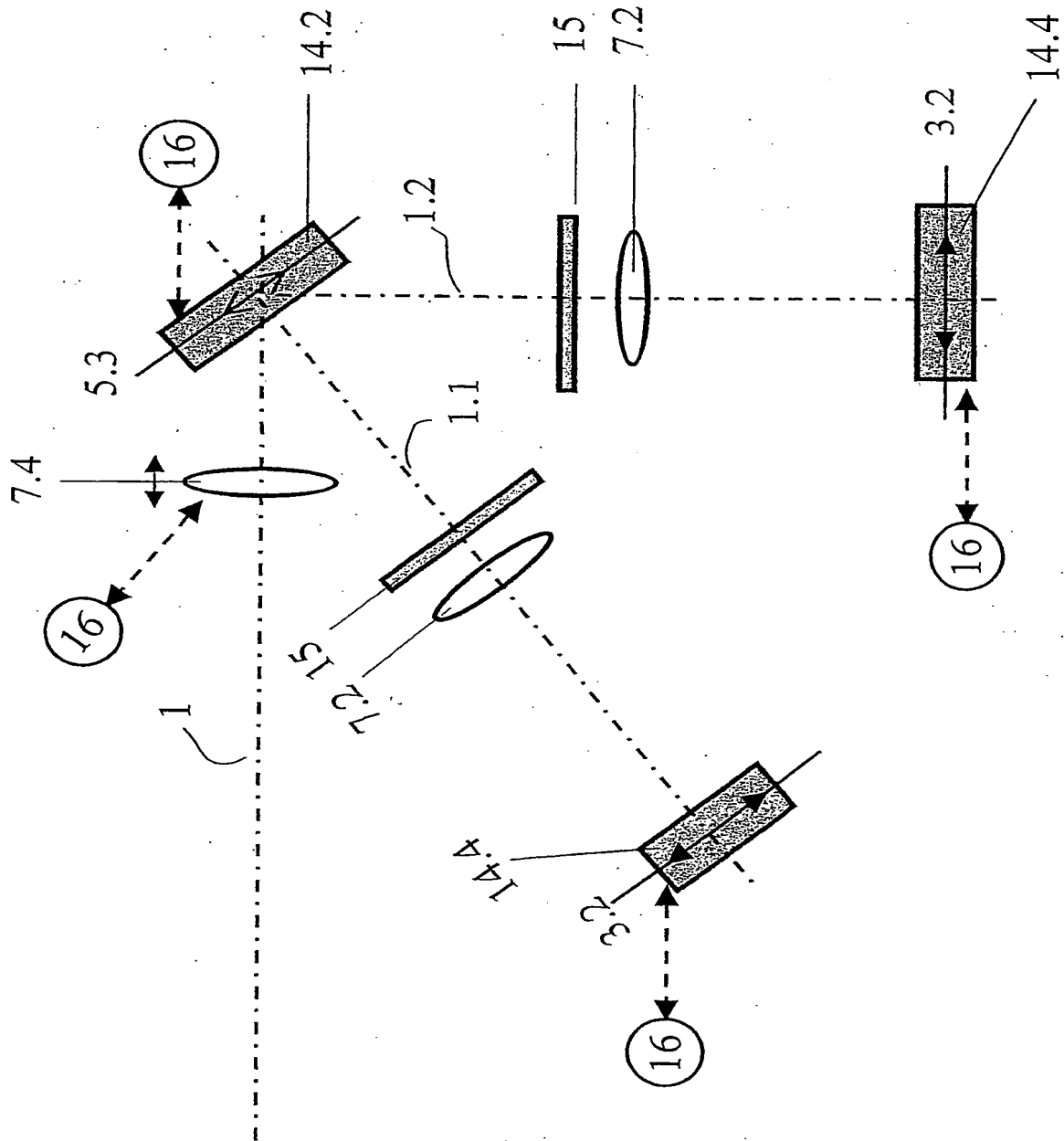


Fig. 8c

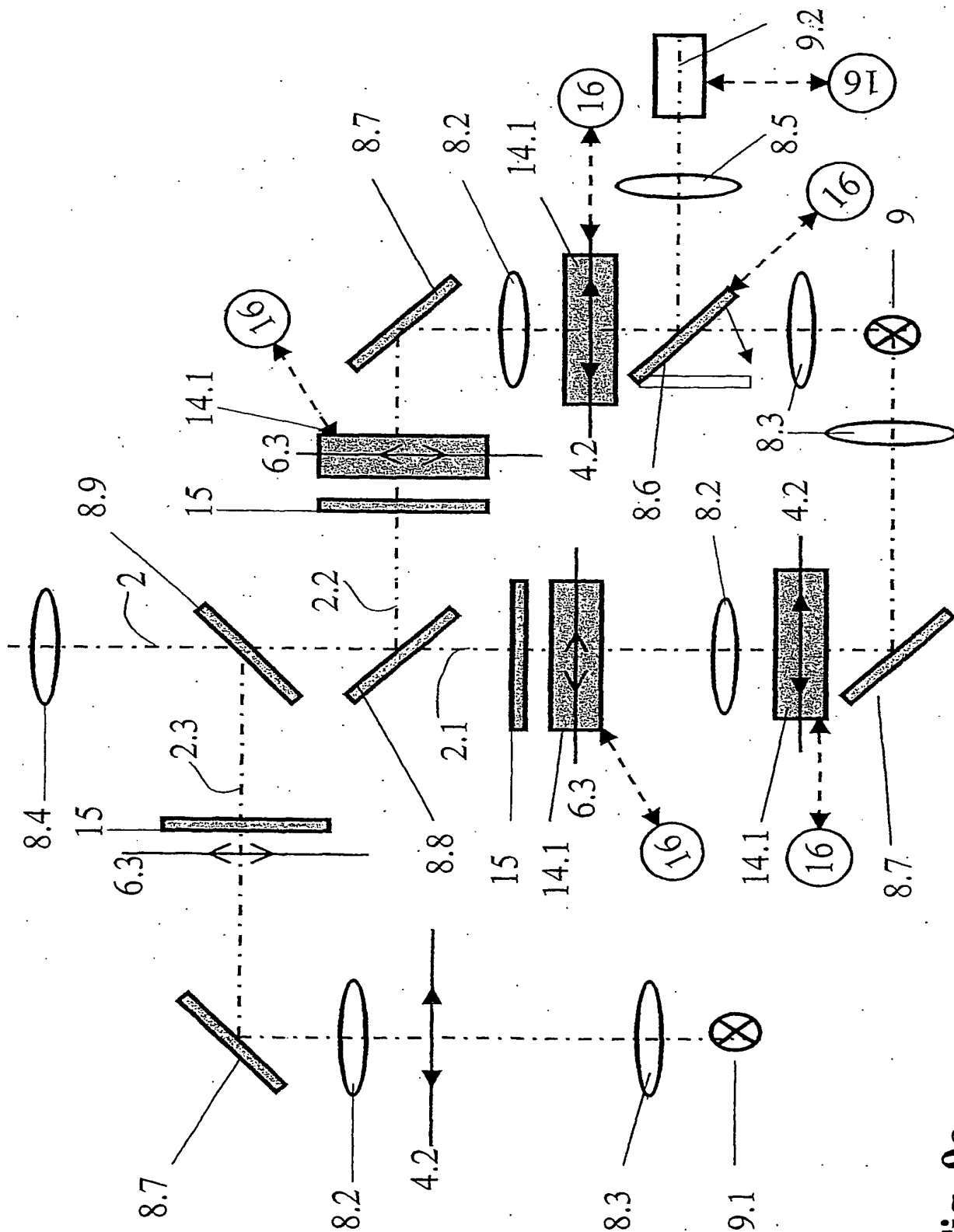


Fig. 9a

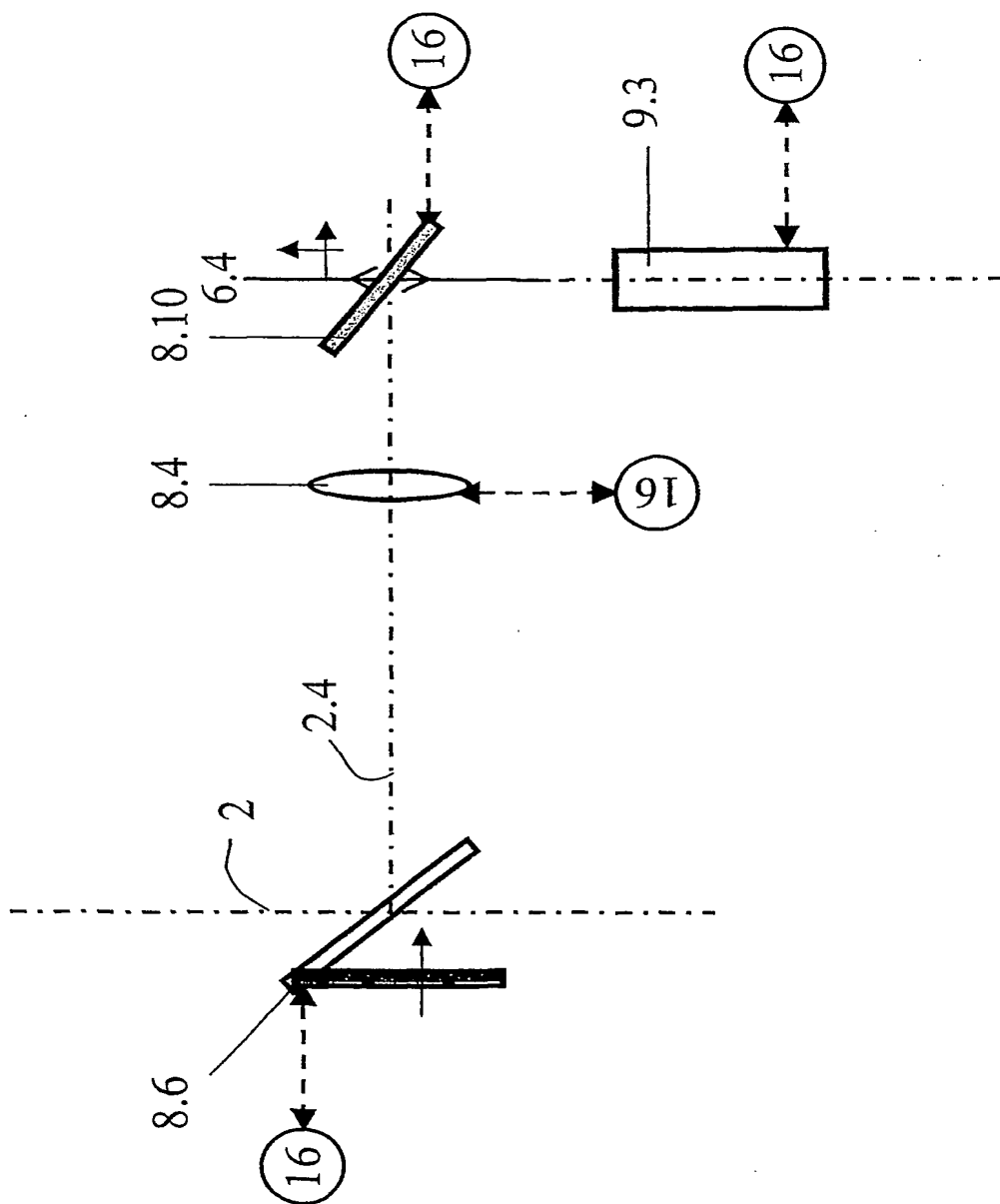


Fig. 9b

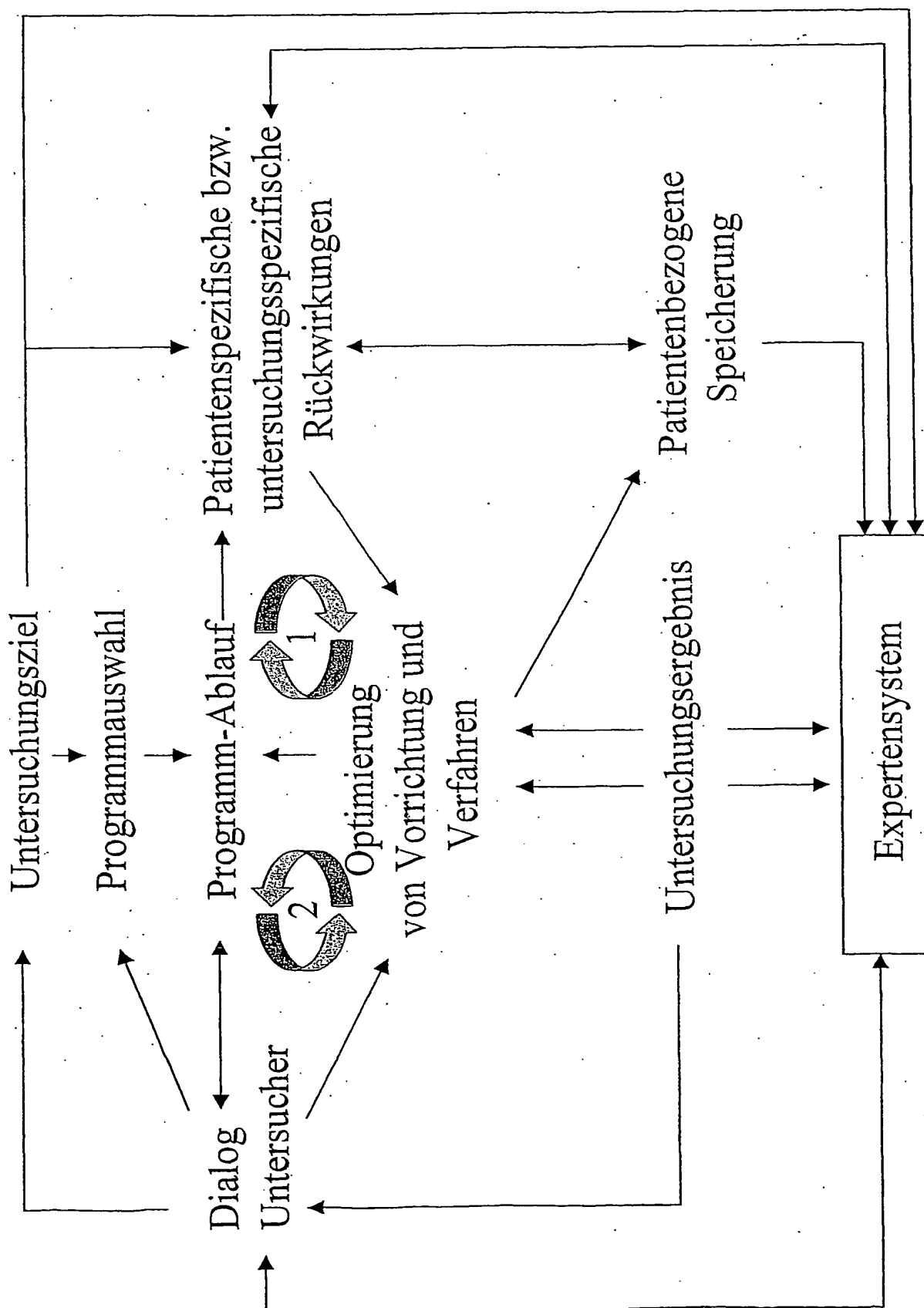


Fig.10

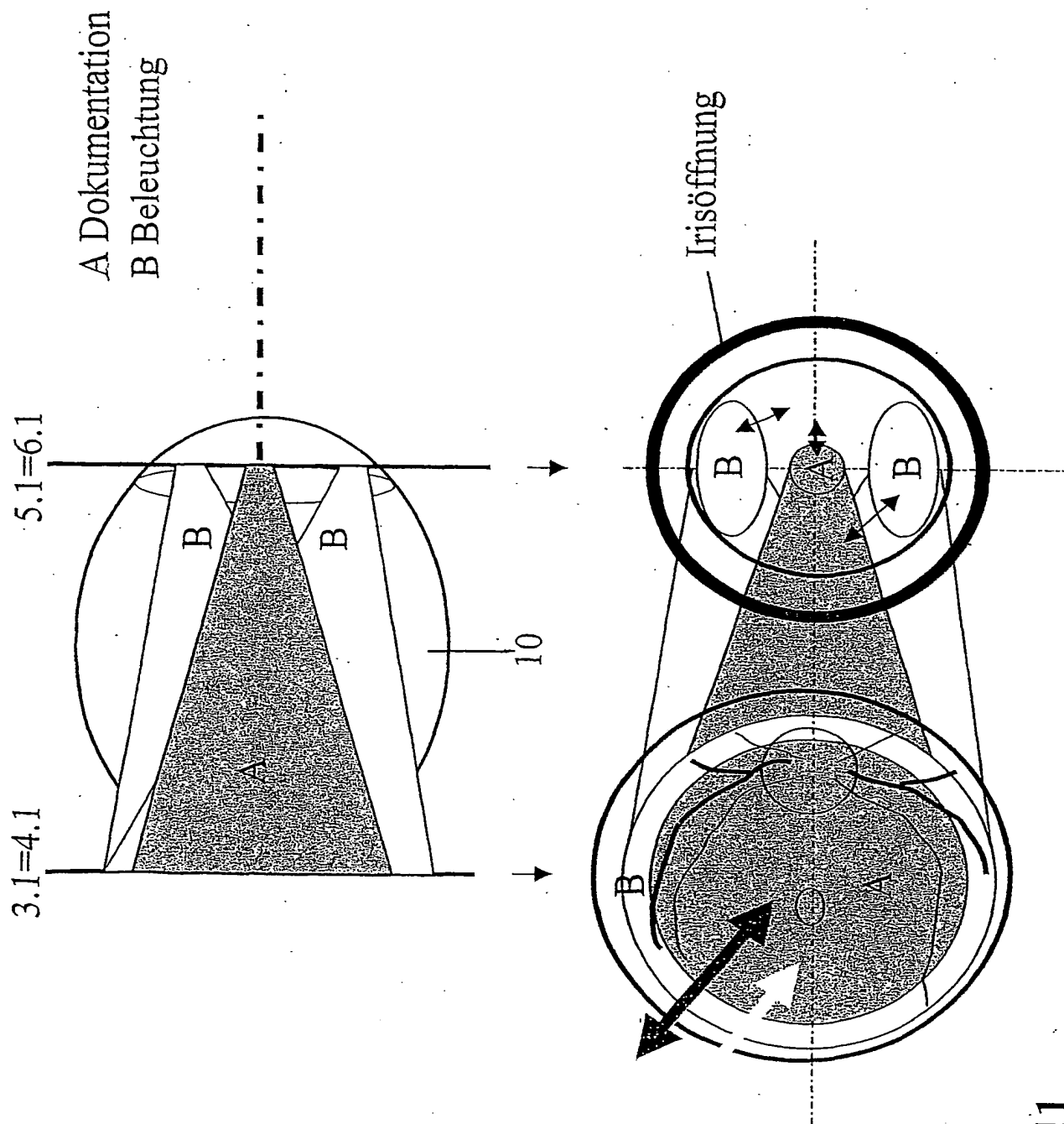


Fig.11

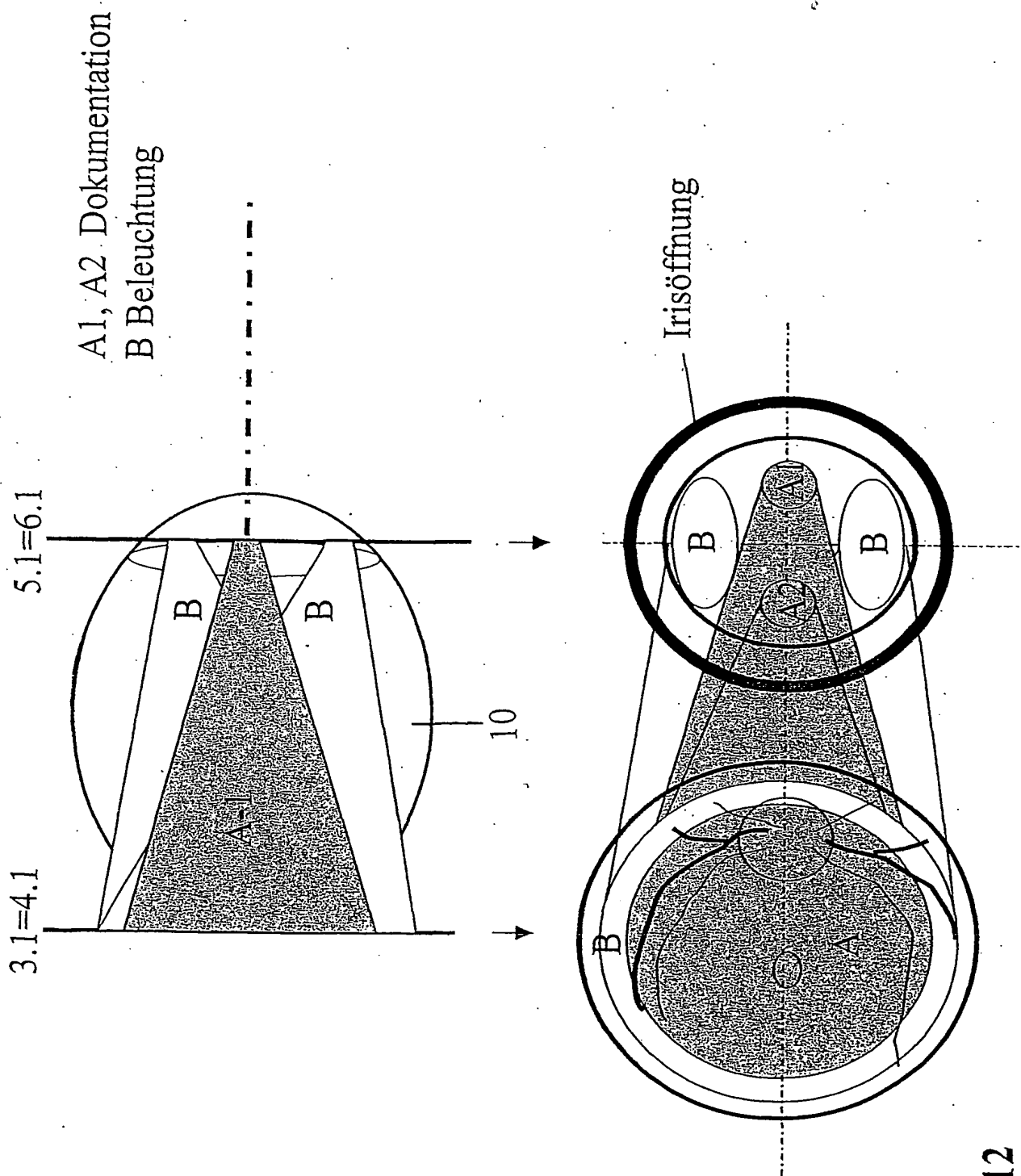


Fig.12

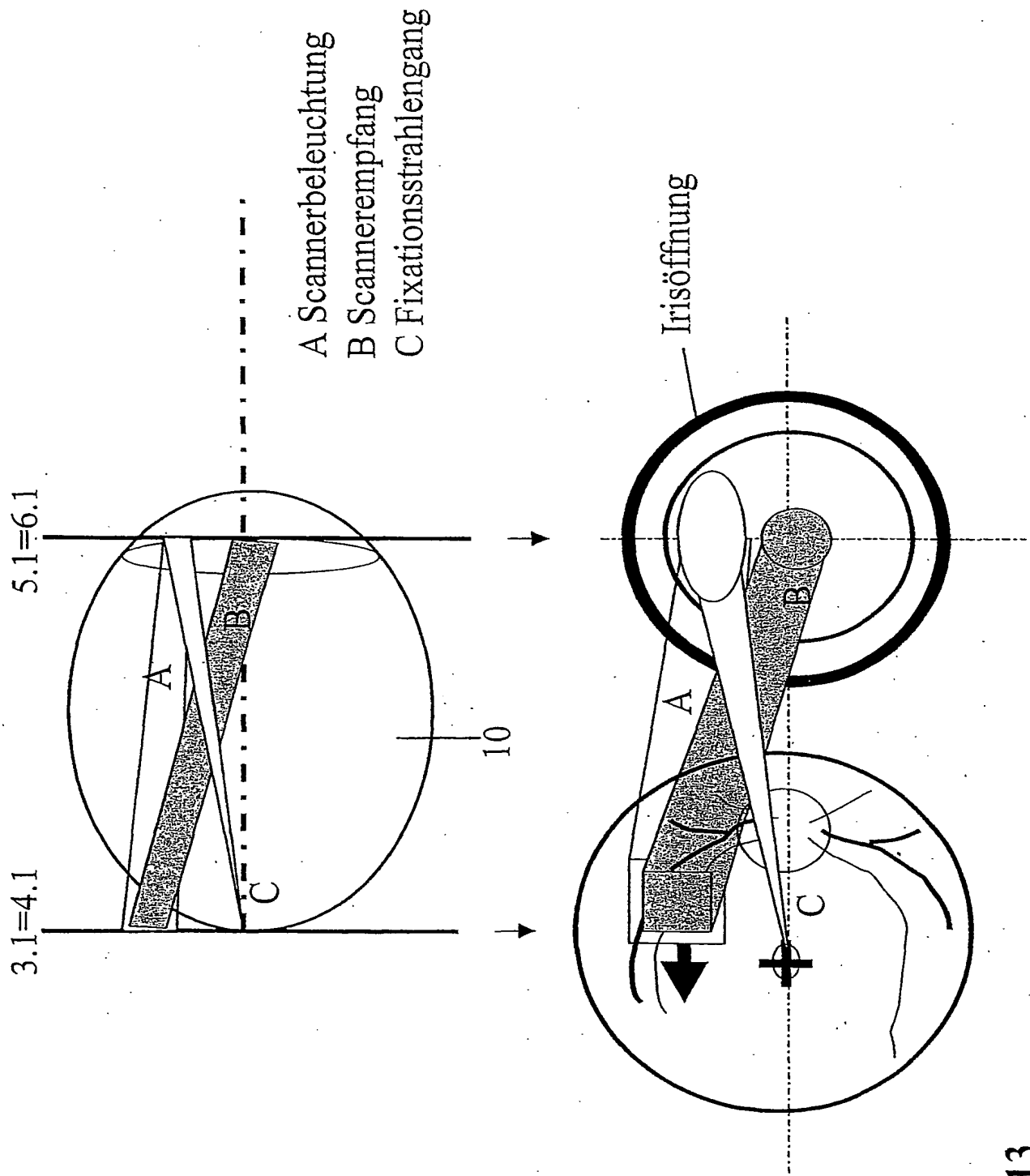


Fig.13

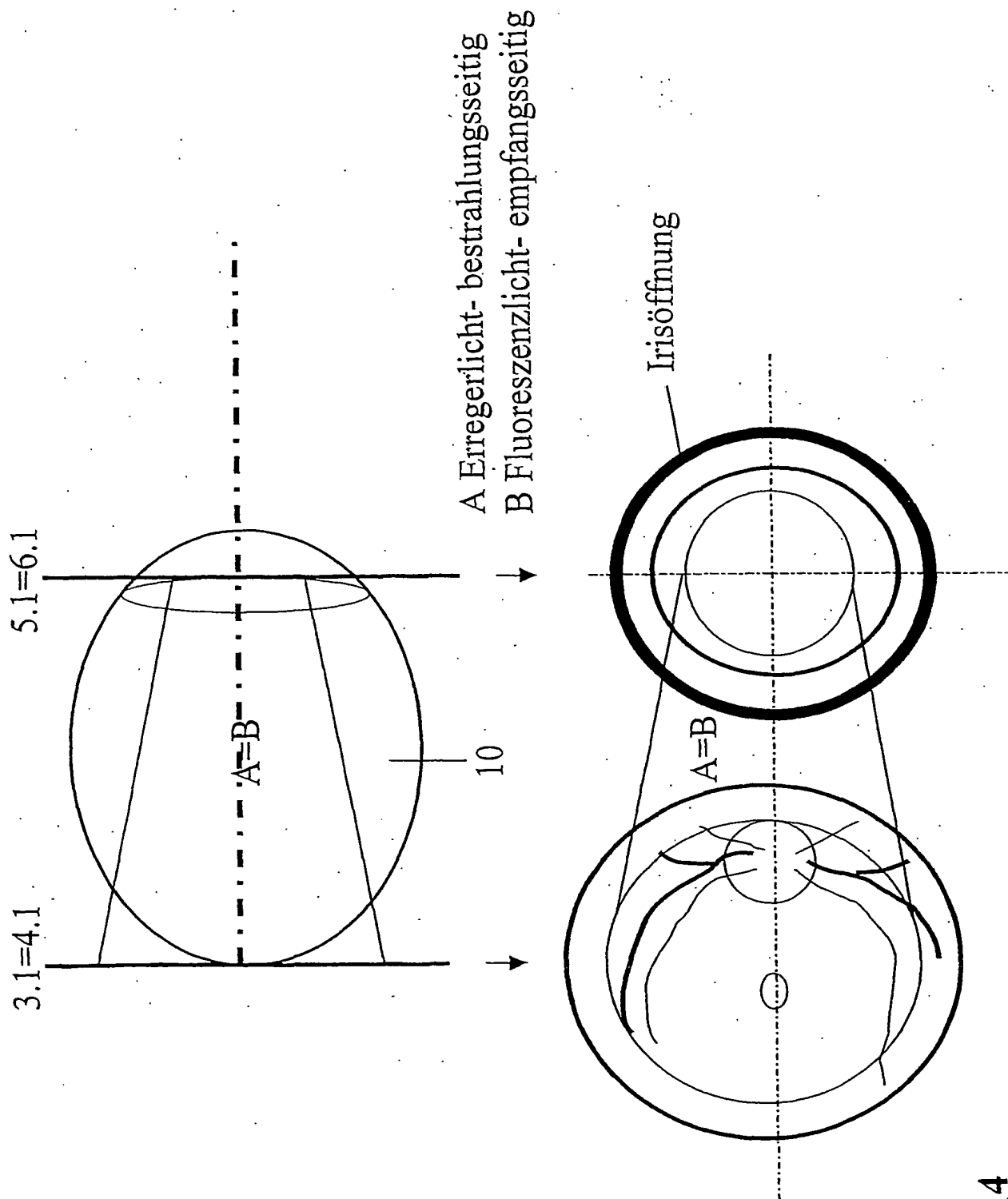
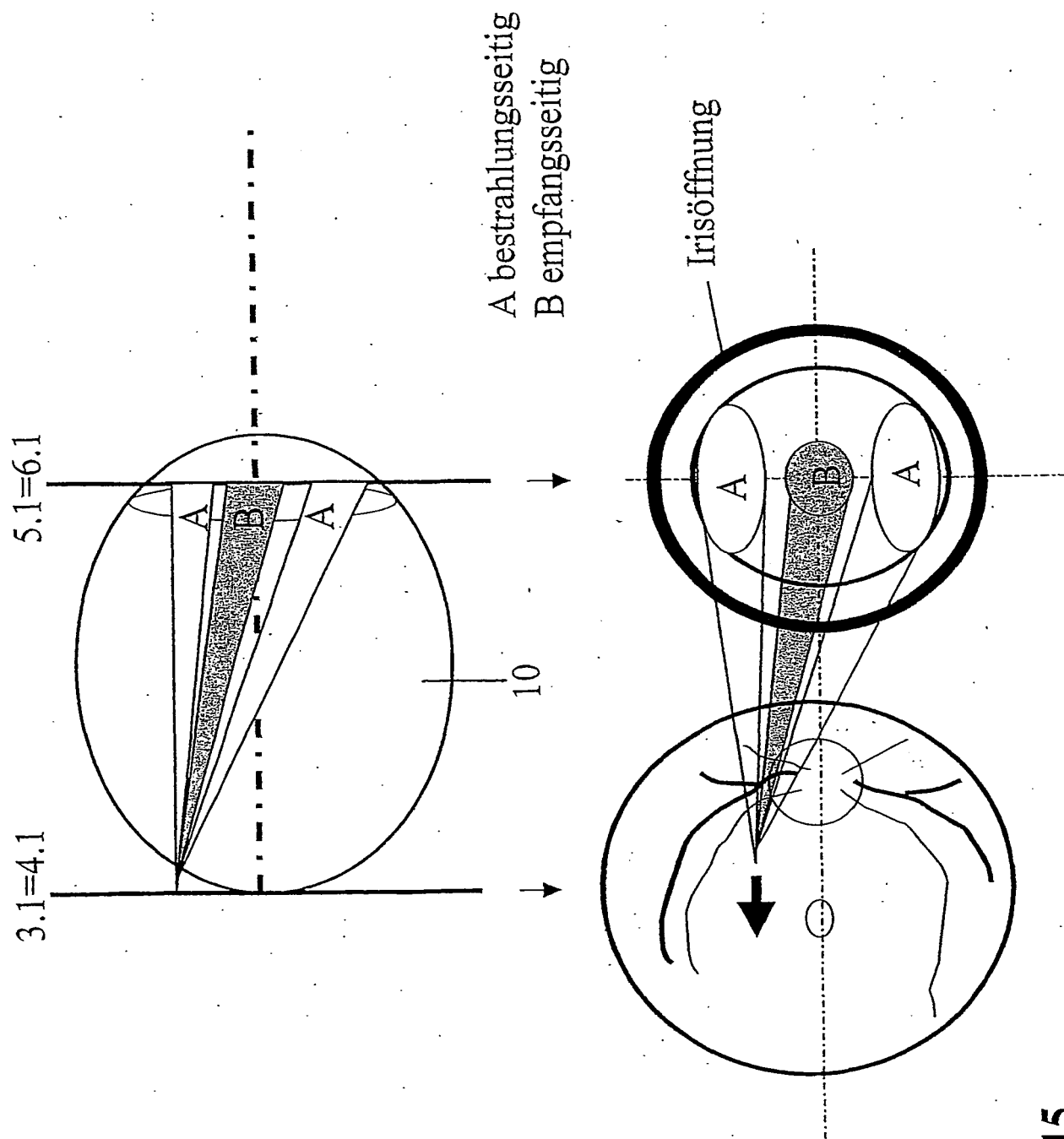


Fig.14



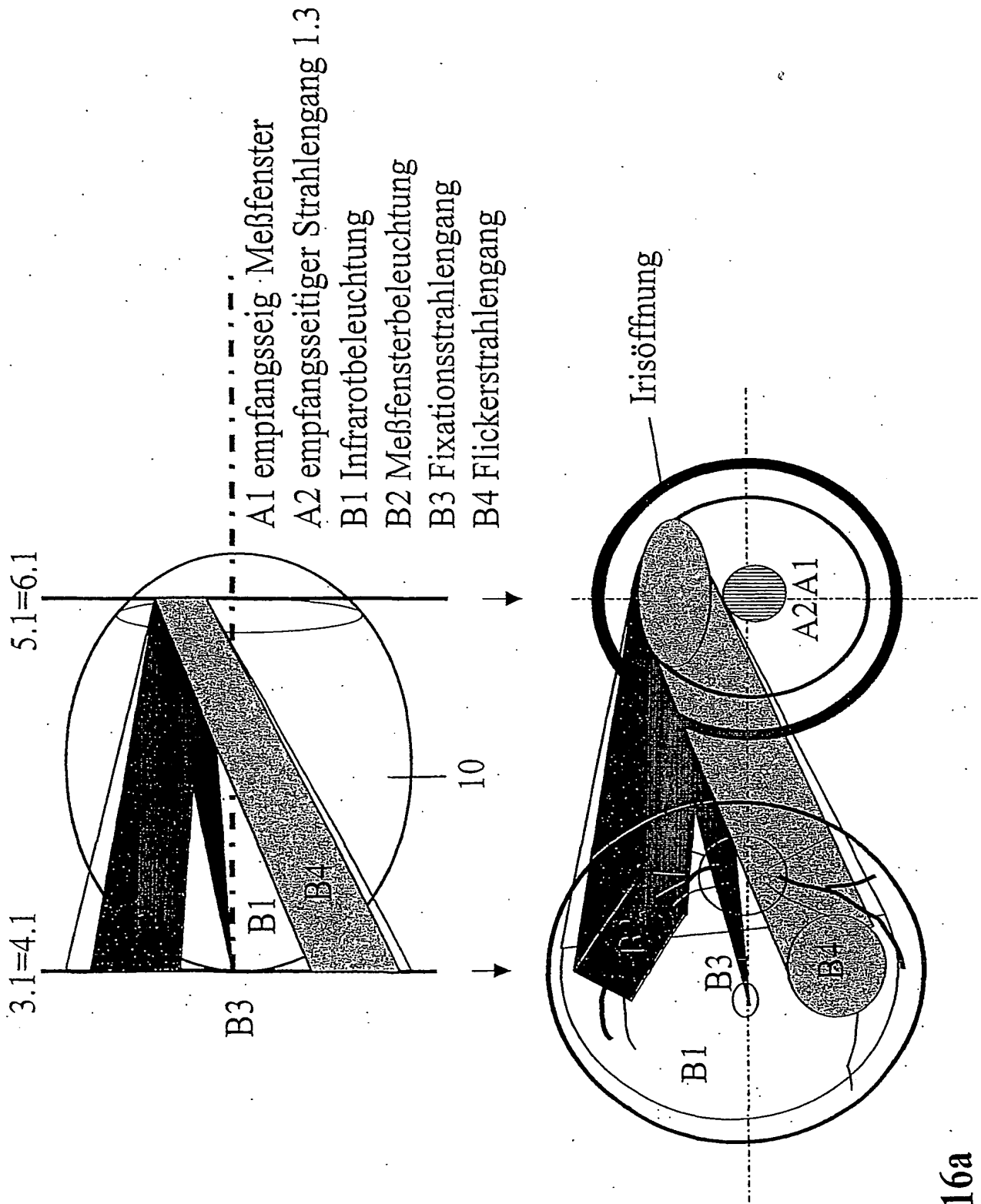


Fig.16a

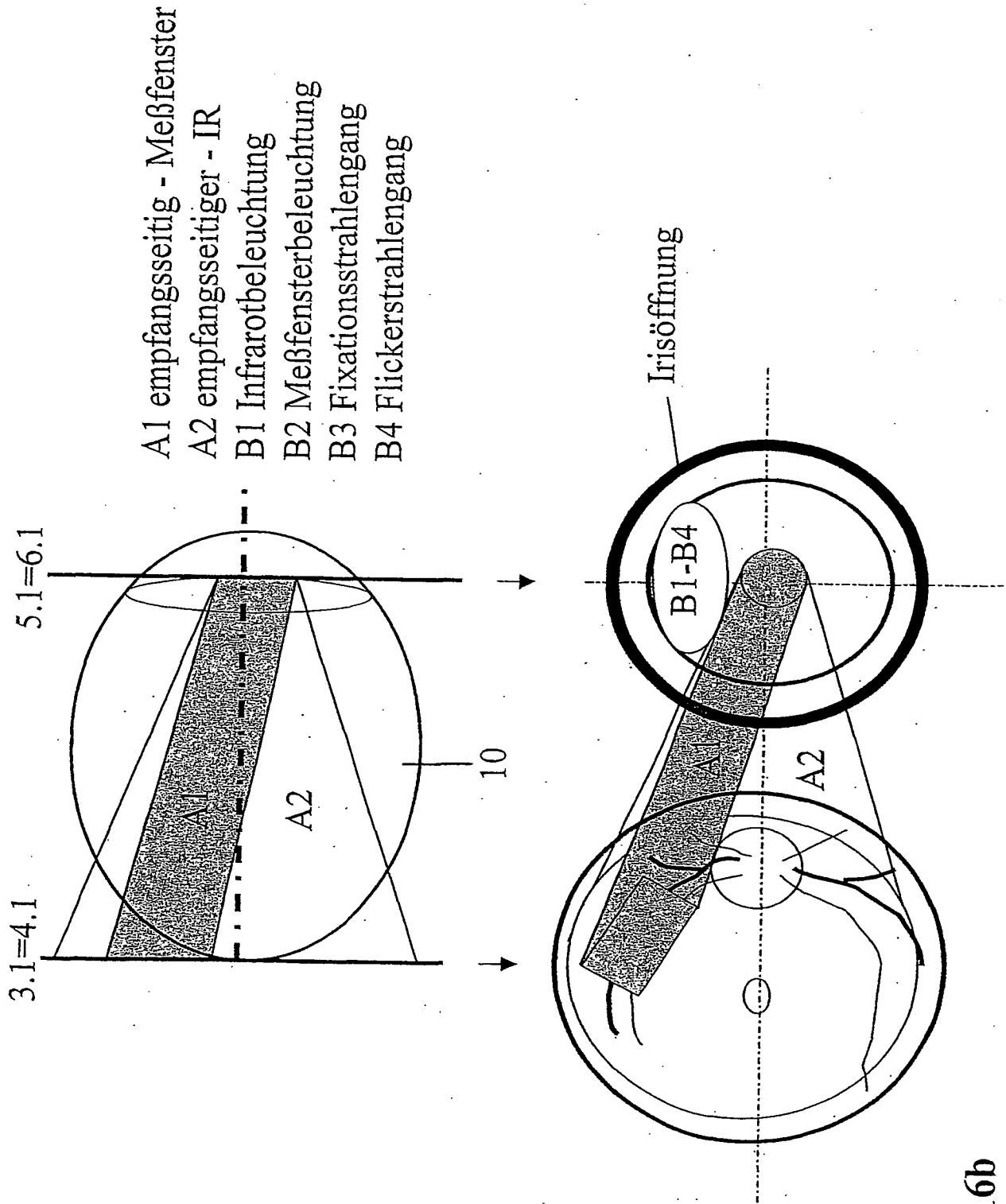


Fig.16b

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Juli 2002 (11.07.2002)

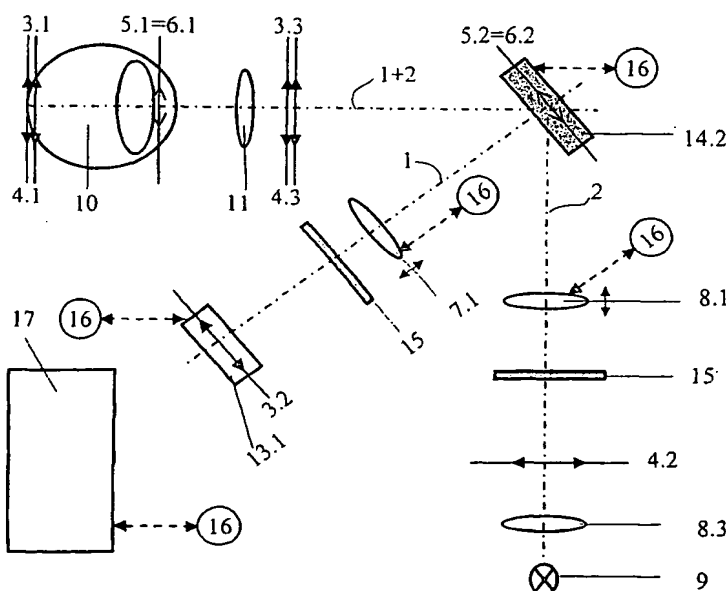
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
PCT WO 02/053020 A3

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: A61B 3/00, 3/10 (74) Anwälte: SCHALLER, Renate usw.; Oehmke & Kollegen, Neugasse 13, 07743 Jena (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/00015
- (22) Internationales Anmeldedatum:
3. Januar 2002 (03.01.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
101 00 032.4 3. Januar 2001 (03.01.2001) DE
- (71) Anmelder und
(72) Erfinder: VILSER, Walthard [DE/DE]; Klinghammer-
strasse 9a, 07407 Rudolstadt (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR IMAGING, STIMULATION, MEASUREMENT AND THERAPY, IN PARTICULAR FOR THE EYE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR BILDGEBUNG, STIMULIERUNG, MESSUNG UND THERAPIE INSBESONDERE AM AUGE



(57) Abstract: The invention relates to devices, the system parameters and mode of operation of which can be adjusted for the various applications of imaging, examining, stimulation, measurement and treatment for the eye (10) for various examination and treatment tasks, essentially without construction-related input, by means of the control of beam manipulation units - EMS (14), which may be controlled independently of each other, element by element, arranged in discrete levels of the optical arrangement in the device. The invention further relates to a method for operating such devices.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/053020 A3



OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen
Recherchenberichts:

21. November 2002

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Vorrichtungen, deren Systemparameter und Funktionsweise im wesentlichen ohne fertigungstechnische Eingriffe durch die Ansteuerung von elementweise voneinander unabhängig ansteuerbaren Strahlmanipulationseinheiten EMS (14), die in ausgezeichneten Ebenen der optischen Anordnung der Vorrichtung stehen, insbesondere auf die verschiedensten Anwendungen der Bildgebung, Prüfung, Stimulierung, Messung und Behandlung am Auge (10) zur Lösung unterschiedlichster Untersuchungs- oder Behandlungsaufgaben angepasst werden können und Verfahren zum Betreiben derartiger Vorrichtungen.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 02/00015

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 A61B3/00 A61B3/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 A61B G02B G02F G01B H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 900 923 A (PRENDERGAST WILLIAM K ET AL) 4 May 1999 (1999-05-04) column 2, line 47-61 column 3, line 29-57 column 9, line 51-54 figures 5-7, 13 ---	1, 6-8
X	US 5 945 670 A (RUDEEN ROBERT W) 31 August 1999 (1999-08-31) column 2, line 28-48 column 3, line 60 -column 5, line 10 column 5, line 53-56 ---	1, 6-8
X	US 5 953 082 A (BUTCHER ROLAND) 14 September 1999 (1999-09-14) abstract; figure 1 column 3, line 50 -column 4, line 8 column 9, line 36-43 --- -/--	1, 6-8

☒ Further documents are listed in the continuation of box C☒ Patent family members are listed in annex

Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "C" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "3" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 August 2002

Date of mailing of the international search report

12. 09 2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel: (+31-70) 340-2040, T: 31 651 epo.nl
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jonsson, P.O.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application No
PCT/DE 02/00015

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 645 825 A (SHARP KK) 29 March 1995 (1995-03-29) column 7, line 45 -column 8, line 53; figure 7 ----	1
E	EP 1 183 992 A (NIDEK KK) 6 March 2002 (2002-03-06) paragraphs '0034!', '0035!'; figures 6,7 ----	3-5
A	DE 196 48 935 A (VILSER WALTHARD DR) 28 May 1998 (1998-05-28) abstract; figure 2 ----	3-5
A	DE 38 39 272 A (JENOPTIK JENA GMBH) 21 September 1989 (1989-09-21) abstract; figure 1 -----	3-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE02/00015

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☒ Claims Nos.: 39-50
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

PCT Rule 39.1(iv) – Method for the therapeutic treatment of the human or animal body;
Diagnostic method applicable to the human or animal body
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See supplemental sheet

As a result of the preliminary examination according to PCT Article 40.2(e) a part of the additional fees are to be refunded.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☒ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

3. 1,3-5(fully) 6-38(partly)
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

ADDITIONAL MATTER PCT/ISA/210

The international search authority has established that this international application contains multiple inventions, as follows:

1. Claims: 1 (fully) 6-8,14,21-30,32,38 (partly)

Device with a receiver system for imaging an object plane with a receiver array arranged in a plane conjugated to the object plane and a beam manipulation unit (EMS) arranged in a pupil plane, whereby the receiver array and the EMS are each connected to a control system by means of an interface and the EMS is manipulated such that various beam paths can be produced by means of programming.

2. Claims: 2 (fully), 6,7,9,14,21-30,32,38 (partly)

Device with an irradiation system, generating an irradiated plane, with at least one pupil plane related to the irradiated plane, relevant to the aperture of a point in the irradiated plane, with at least one beam manipulation unit EMS which may be controlled independently in an elemental manner arranged in a plane conjugated to the irradiated plane and at least one EMS in a pupil plane, effective relative to the irradiated plane, whereby each EMS is connected to a control unit by means of an interface and the EMSs are manipulated such that various beam paths can be generated by means of programming.

3. Claims: 3-5 (fully) 6-38 (partly)

Device with an irradiation system with at least one beam manipulation unit EMS which may be controlled independently in an elemental manner and a receiver system with a receiver array, whereby each EMS is connected to a control unit by means of an interface and the EMSs are manipulated such that various beam paths can be generated by means of programming.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

national Application No

PCT/DE 02/00015

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5900923	A	04-05-1999	NONE	
US 5945670	A	31-08-1999	US 5641958 A US 5479011 A US 5347121 A DE 4396943 T0 WO 9415351 A1	24-06-1997 26-12-1995 13-09-1994 26-01-1995 07-07-1994
US 5953082	A	14-09-1999	AU 707921 B2 AU 4427696 A WO 9622559 A1 BR 9607576 A CN 1168177 A EP 0877969 A1 JP 11500233 T	22-07-1999 07-08-1996 25-07-1996 15-12-1998 17-12-1997 18-11-1998 06-01-1999
EP 0645825	A	29-03-1995	GB 2284902 A DE 69426586 D1 DE 69426586 T2 EP 0645825 A2 GB 2287548 A JP 3102834 B2 JP 7168201 A US 5587820 A	21-06-1995 22-02-2001 31-05-2001 29-03-1995 20-09-1995 23-10-2000 04-07-1995 24-12-1996
EP 1183992	A	06-03-2002	JP 2002065610 A EP 1183992 A2 US 2002025145 A1	05-03-2002 06-03-2002 28-02-2002
DE 19648935	A	28-05-1998	DE 19648935 A1 WO 9823202 A1 EP 1065966 A1 JP 2000504256 T	28-05-1998 04-06-1998 10-01-2001 11-04-2000
DE 3839272	A	21-09-1989	DD 269781 A1 DE 3839272 A1	12-07-1989 21-09-1989

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

ationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/00015

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 A61B3/00 A61B3/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 A61B G02B G02F G01B H04N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 900 923 A (PRENDERGAST WILLIAM K ET AL) 4. Mai 1999 (1999-05-04) Spalte 2, Zeile 47-61 Spalte 3, Zeile 29-57 Spalte 9, Zeile 51-54 Abbildungen 5-7,13	1,6-8
X	US 5 945 670 A (RUDEEN ROBERT W) 31. August 1999 (1999-08-31) Spalte 2, Zeile 28-48 Spalte 3, Zeile 60 -Spalte 5, Zeile 10 Spalte 5, Zeile 53-56	1,6-8
X	US 5 953 082 A (BUTCHER ROLAND) 14. September 1999 (1999-09-14) Zusammenfassung; Abbildung 1 Spalte 3, Zeile 50 -Spalte 4, Zeile 8 Spalte 9, Zeile 36-43	1,6-8
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. August 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12. 09. 2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Jonsson, P.O.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

ationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/00015

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 645 825 A (SHARP KK) 29. März 1995 (1995-03-29) Spalte 7, Zeile 45 -Spalte 8, Zeile 53; Abbildung 7 ----	1
E	EP 1 183 992 A (NIDEK KK) 6. März 2002 (2002-03-06) Absätze '0034!', '0035!; Abbildungen 6,7 ----	3-5
A	DE 196 48 935 A (VILSER WALTHARD DR) 28. Mai 1998 (1998-05-28) Zusammenfassung; Abbildung 2 ----	3-5
A	DE 38 39 272 A (JENOPTIK JENA GMBH) 21. September 1989 (1989-09-21) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	3-5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

internationales Aktenzeichen
PCT/DE 02/00015

Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☒ Ansprüche Nr. 39-50
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
Regel 39.1(iv) PCT - Verfahren zur therapeutischen Behandlung des menschlichen oder tierischen Körpers; Diagnostizierverfahren, die am menschlichen oder tierischen Körper vorgenommen werden
2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der Internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

Aufgrund des Ergebnisses der vorläufigen Überprüfung
gemäß Regel 40.2(e) PCT sind keine zusätzlichen Gebühren zu erstatten.

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. ☒ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
1,3-5(ganz) 6-38(teilweise)
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☒ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1 (ganz), 6-8,14,21-30,32,38 (teilweise)

Vorrichtung mit einem Empfangssystem zur Abbildung einer Objektebene mit einem Empfängerarray das in einer zur Objektebene konjugierten Ebene angeordnet ist, und eine Strahlmanipulationseinheit (EMS) die in einer Pupillenebene angeordnet ist, wobei das Empfängerarray und die EMS jeweils über eine Schnittstelle mit einem Steuersystem verbunden sind, und wobei die EMS so manipuliert wird, dass unterschiedliche Strahlengänge programmtechnisch erzeugt werden können.

2. Ansprüche: 2 (ganz), 6,7,9,14,21-30,32,38 (teilweise)

Vorrichtung mit einem Bestrahlungssystem, das eine bestrahlte Ebene erzeugt, mit mindestens einer Pupillenebene bezüglich der bestrahlten Ebene, die für die Apertur eines Punktes in der bestrahlten Ebene maßgeblich ist, wobei mindestens eine elementweise voneinander unabhängig ansteuerbare Strahlmanipulationseinheit - EMS in einer zur bestrahlten Ebene konjugierten Ebene und mindestens eine EMS in einer bezüglich der bestrahlten Ebene wirksamen Pupillenebene angeordnet ist, wobei die EMS jeweils über eine Schnittstelle mit einem Steuersystem verbunden sind, und wobei die EMS so manipuliert wird/werden, dass unterschiedliche Strahlengänge programmtechnisch erzeugt werden können.

3. Ansprüche: 3-5 (ganz), 6-38 (teilweise)

Vorrichtung mit einem Bestrahlungssystem mit mindestens einer elementweise voneinander unabhängig ansteuerbaren Strahlmanipulationseinheit - EMS, und mit einem Empfangssystem mit einem Empfängerarray, wobei die mindestens eine EMS jeweils über eine Schnittstelle mit einem Steuersystem verbunden ist, und wobei die EMS so manipuliert wird/werden, dass unterschiedliche Strahlengänge programmtechnisch erzeugt werden können.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

ationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/00015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5900923	A	04-05-1999	KEINE	
US 5945670	A	31-08-1999	US 5641958 A US 5479011 A US 5347121 A DE 4396943 T0 WO 9415351 A1	24-06-1997 26-12-1995 13-09-1994 26-01-1995 07-07-1994
US 5953082	A	14-09-1999	AU 707921 B2 AU 4427696 A WO 9622559 A1 BR 9607576 A CN 1168177 A EP 0877969 A1 JP 11500233 T	22-07-1999 07-08-1996 25-07-1996 15-12-1998 17-12-1997 18-11-1998 06-01-1999
EP 0645825	A	29-03-1995	GB 2284902 A DE 69426586 D1 DE 69426586 T2 EP 0645825 A2 GB 2287548 A JP 3102834 B2 JP 7168201 A US 5587820 A	21-06-1995 22-02-2001 31-05-2001 29-03-1995 20-09-1995 23-10-2000 04-07-1995 24-12-1996
EP 1183992	A	06-03-2002	JP 2002065610 A EP 1183992 A2 US 2002025145 A1	05-03-2002 06-03-2002 28-02-2002
DE 19648935	A	28-05-1998	DE 19648935 A1 WO 9823202 A1 EP 1065966 A1 JP 2000504256 T	28-05-1998 04-06-1998 10-01-2001 11-04-2000
DE 3839272	A	21-09-1989	DD 269781 A1 DE 3839272 A1	12-07-1989 21-09-1989